

53
Д.Х.
к-122

ЛЯРНО-НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА



В. А. КОСТИЦЫН

ПРОИСХОЖДЕНИЕ
ВСЕЛЕННОЙ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

176321

КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК
СРОКОВ ВОЗВРАТА
КНИГА ДОЛЖНА БЫТЬ
ВОЗВРАЩЕНА НЕ ПОЗЖЕ
УКАЗАННОГО ЗДЕСЬ СРОКА

Кол-во пред. выдачи.

Д.Х.

07.

З ТМО Т. 3600000 З. 2079-87

20.03.07.

176821

ПОПУЛЯРНО-НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

22.6

52

K-722

В. А. КОСТИЦЫН

ПРОИСХОЖДЕНИЕ
ВСЕЛЕННОЙ

1944 г.

АРХИВ

КНИГОХРАНИЛИЩЕ

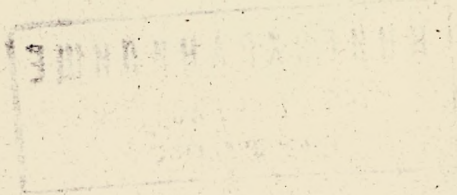
ОБЛ. БИБЛИОТЕКИ

г. СВЕРДЛОВСК



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ☆ 1926 ☆ ЛЕНИНГРАД

523.1



• „Все течет, все изменяется“, но не все изменяется с одинаковой быстротой. Для бабочки - поденки день — век, а лето — вечность. Для человека в полноте сил и молодости жизнь кажется вечностью, а настоящее — неизменным. Чтобы подметить существенные изменения в жизни народов, нужно много десятков, а иногда и сотен лет. Изменения в жизни Земли идут чрезвычайно медленно, и чтобы их заметить, недостаточны наблюдения многих веков. А небо? Неизменность расположения звезд — чисто кажущаяся, но много тысяч лет она считалась действительной, — настолько медленно изменяются положения звезд.

Когда мы хотим определить происхождение или причину наблюдаемого нами явления, быстрота изменений очень важна. Если явление происходит достаточно быстро, мы можем видеть и начало и конец его, и даже по многу раз, если оно повторяется. Более того, мы можем зачастую сами повторить его. Но если явление протекает очень медленно, и мы видим только часть его, нам очень трудно бывает судить о целом и тем более объяснить его происхождение. Что мог бы сказать о происхождении и судьбах поля пшеницы жучок, появившийся на свет в конце мая и погибший в конце июня? Если бы вся его жизнь ушла на путешествие через поля пшеницы, он встречал бы сначала зеленые колосья, а потом желтые, и сделал бы естественный, но неправильный вывод, что пшеница на одном конце поля желтее, чем на другом. И сеятель и жнец остались бы вне его опыта.

Таким образом медленность изменений лика Земли и небес ставит ученого в особенно трудное положение. Эта трудность усиливается тем, что часто материал ничтожно мал и не дает надежной опоры для выводов. Еще хуже бывает тогда, когда

для суждения о прошлом и будущем приходится опираться только на настоящее.

Именно так обстоит дело, когда мы хотим узнать происхождение и будущую судьбу Солнца и всех тех земель, которые от него зависят. Хотя научные наблюдения Солнца продолжаются уже несколько сот лет, однако за это время не замечено изменений постоянных и устойчивых ни его света, ни тепла, ни строения. Точно так же и с Землей. Человек живет на ней сознательной жизнью много тысяч лет, но за это время не замечено сколько-нибудь существенных перемен, благодаря которым можно было бы сказать, как будет идти дальше жизнь Земли и как она шла до сих пор. Ввиду такого отсутствия прямых сведений приходится широко пользоваться косвенными и опираться на всю совокупность того, что мы знаем о Земле, Солнце, звездах. Мы должны изучать звезды, Солнце, исследовать падающие с неба камни, если мы хотим узнать, из чего состоит внутренность Земли. Наоборот, знание истории Земли дает нам возможность сказать многое о жизни и судьбе звезд. Перед тем, кто умеет читать книгу природы, камешек или раковина открывают необъятный мировой кругозор...

В нашей книге мы намереваемся дать изложение взгляда современной науки на развитие и происхождение вселенной и на ее будущую судьбу. Но для этого необходимо знать, на что мы опираемся, высказывая тот или другой взгляд. Прежде, чем говорить о происхождении мира, нужно изучить его строение, и этим изучением мы сейчас займемся.

1. ЗЕМЛЯ.

Человек есть мера всех вещей
земных, а Земля — небесных.

На первый взгляд поверхность Земли кажется ровной, плоской, но все мы хорошо знаем, что Земля — шар. Плоской она кажется только потому, что рост человека очень мал по сравнению с ней. Более того, даже высочайшие горы ничтожно малы по сравнению с Землей.

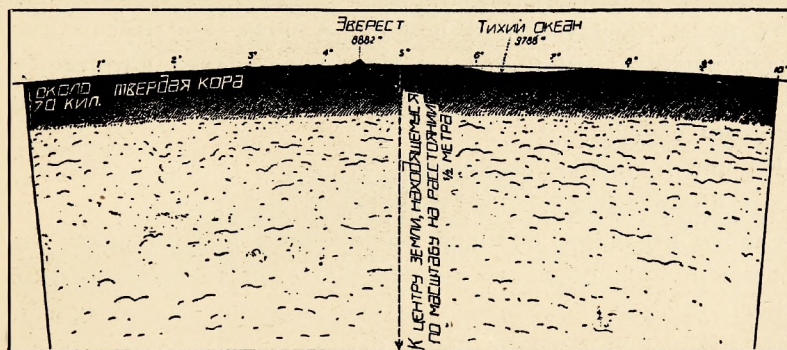


Рис. 1. Толщина земной коры и ее наибольшие неправильности по сравнению с радиусом Земли.

Земля кажется нам твердой и неизменной. Однако и это неверно. Какой бы твердый камень мы ни взяли, его можно раздавить или разбить при достаточно сильном давлении или усилии. Поверхность Земли неровная, покрытая горами и морями, показывает, что разрушительные силы природы работали и работают непрерывно. Правда действуют они очень медленно, почти незаметно. Согреваясь от действия солнечных лучей, тела расширяются; от холода они сокращаются. При этом об-

раззуются трещины, в которые проникает вода и способствует еще более скорому разрушению пород. Вода, снег, лед, иней, ветер, холод, зной—все это разрушители. Скалы распадаются на куски, куски уносятся водою и по мере их перемещения вниз дробятся на меньшие кусочки, а эти последние перетираются в песок, пыль. Ручьи, речки и реки переносят большие количества разрушенных пород, которые, наконец, попадают на дно морей и океанов, где как-будто успокаиваются.

Море в свою очередь разрушает сушу. Его волны подмывают высокие берега. Во время приливов оно с бурной силой несет к берегам огромные массы воды, подхватывающие крупные и мелкие камни, гальки, песок. Во время отливов все это уносится обратно. Разрушающим образом действуют и живые существа. Корни растений заползают в трещины скал и способствуют их разрушению. Выделения живых и разложившиеся остатки мертвых животных и растений вместе с водою химически перерабатывают горные породы. Так создается почва, самый верхний и самый нужный для жизни слой Земли. Частицы, составляющие почву, удобоподвижны и благодаря действию воды тоже уносятся в море. А море—колыбель жизни; каждая капля в нем полна живыми существами, которые, умирая, также идут на дно и там смешиваются с материалами, приносимыми с суши.

На дне моря принесенные с суши ил, песок, останки наземных и морских животных и растений, находясь под действием огромного давления лежащей сверху воды и различных химических влияний, образуют постепенно слой твердой породы.

Если бы действовали только эти разрушительные силы природы, долины уже давно были бы засыпаны, горы не существовали бы, а материки постепенно исчезли бы под водой. Между тем изучение горных пород, образующих современные цепи гор, показывает, что они складываются из пластов, уже побывавших на дне моря. Таким образом должны существовать силы, благодаря которым в жизни Земли суша сменяется морем, а море сушей. Эти силы нужно искать внутри Земли.

Наряду с ровными, спокойными местностями, вроде европейской части СССР, на Земле существуют другие места, где огромные огнедышащие горы от времени до времени выбрасывают большие массы расплавленного вещества (лавы). В этих неспокойных вулканических местностях часто происходят земле-

трясения: земля дрожит, покрывается трещинами, здания рушатся, иногда большие участки земли опускаются на значительную глубину или же выдвигаются вверх. Большие землетрясения бывают часто и в совершенно не вулканических местностях, а малые землетрясения, незаметные для простого наблюдателя, отмечаются очень часто везде на всей поверхности земного шара особыми в высшей степени чувствительными инструментами — *сейсмографами*. Можно сказать, что земная поверхность нигде и никогда не бывает в полном покое, а иногда нарушения ее покоя бывают так велики, что влекут за собою гибель огромного количества людей, как это было во время недавнего землетрясения в Японии в 1923 году.

Уже давно было замечено, что при углублении внутрь Земли становится все теплее и теплее: в среднем на каждые 100 метров глубины температура повышается на три градуса Цельсия; если предположить, что температура и дальше повышается так же быстро, то уже на глубине 80 километров решительно все известные нам вещества могут находиться только в расплавленном состоянии. Таким образом мы видим, что твердой и холодной является лишь внешняя оболочка Земли — земная кора, а под нею лежит раскаленное и расплавленное внутреннее ядро. Толщина земной коры — 80 километров — ничтожно мала по сравнению с радиусом Земли, т.-е. расстоянием до центра Земли, равным 6.371 километру.

При таком ничтожном расстоянии, отделяющем земную поверхность от внутреннего раскаленного ядра, делается понятной неустойчивость земной коры, проявляющаяся в виде извержений вулканов и землетрясений; вместе с тем мы видим, какое значение в жизни Земли должны иметь эти внутренние силы.

Еще большее значение имеет для нас существование внутреннего ядра и окружающей его земной коры, если мы стремимся к выяснению истории Земли. Изучение распространения волн землетрясений показывает, что и само ядро неоднородно по составу: вероятно оно состоит из нескольких последовательных оболочек; с достоверностью установлено, что массы, лежащие внутри шара радиусом в 4.500 километров, плотнее, чем массы, лежащие вне этого шара. Таким образом мы имеем как бы внутреннее тяжелое ядро радиусом 4.500 километров, окруженное более легкой оболочкой из расплавленных веществ.

Эта оболочка, в свою очередь, окружена очень тонкой и более легкой твердой оболочкой — земной корой. Земная кора на три четверти покрыта морями и океанами, образующими новую — жидкую оболочку Земли, и, наконец, выше твердой и жидкой оболочки лежит атмосфера (воздух), образующая газовую оболочку Земли. Мы видим, следовательно, что при путешествии от центра Земли наружу мы встречаем все более и более легкие вещества, располагающиеся в виде нескольких правильно построенных шарообразных оболочек. В свою очередь, каждая из указанных оболочек, подразделяется на ряд более тонких оболочек, точно также подчиняющихся данному выше правилу: вещество каждой оболочки легче вещества каждой из оболочек, лежащих внутри ее, и тяжелее каждой из оболочек, лежащих вне ее.

Такого рода расположение мы наблюдаем в смеси нескольких жидкостей, например воды и постного масла: после взбалтывания смеси через некоторое время она отстаивается, то есть располагается правильными слоями, при чем более легкая жидкость оказывается выше более тяжелой. Это наводит на мысль, что и Земля была когда-то жидкой, и различные вещества, из которых она состоит, расположились в зависимости от их плотности правильными слоями.

О том же говорит и внешний вид Земли. Многочисленные измерения, произведенные на земной поверхности, показали, что Земля несколько отличается от шара. В самом деле, взглянем на земной шар издали *: мы увидим некоторую сплюсну-

* Земной шар вращается вокруг некоторой воображаемой оси, концы которой (точки ее пересечения с земной поверхностью) называются *земными полюсами*. Большой круг, во всех своих точках равно отстоящий от обоих полюсов, называется *экватором* (см. рис. 2). Возьмем какую-нибудь точку на поверхности Земли и проведем через нее и ось Земли плоскость; эта плоскость пересечется с поверхностью Земли по большому кругу, который называется *меридианом*. Проведем другую плоскость отвесно к оси Земли; она пересечет поверхность Земли по кругу, называемому *параллельным* кругом. Экватор является тоже одним из параллельных кругов. Разделим экватор на 360 равных частей и через каждое деление проведем по меридиану. Такие части называются *градусами*. Один из меридианов возьмем как начало отсчета. Пусть какой-либо меридиан лежит к востоку от начала на 15 градусов; мы говорим тогда, что все места, на нем лежащие, имеют 15 градусов (15°) восточной долготы. Точно так же разделим меридиан на 180 частей, из которых 90 к северу от экватора и 90 к югу. Пусть

тость у полюсов Земли, правда, очень небольшую, но заметную при измерений. Наоборот, по средней между полюсами линии — по экватору — Земля будет слегка вздута. Все это будет похоже на картину, которая получится, если мы возьмем круглый мяч в двух противоположных точках и слегка надавим пальцами. Таким образом на полюсах мы несколько ближе находимся к

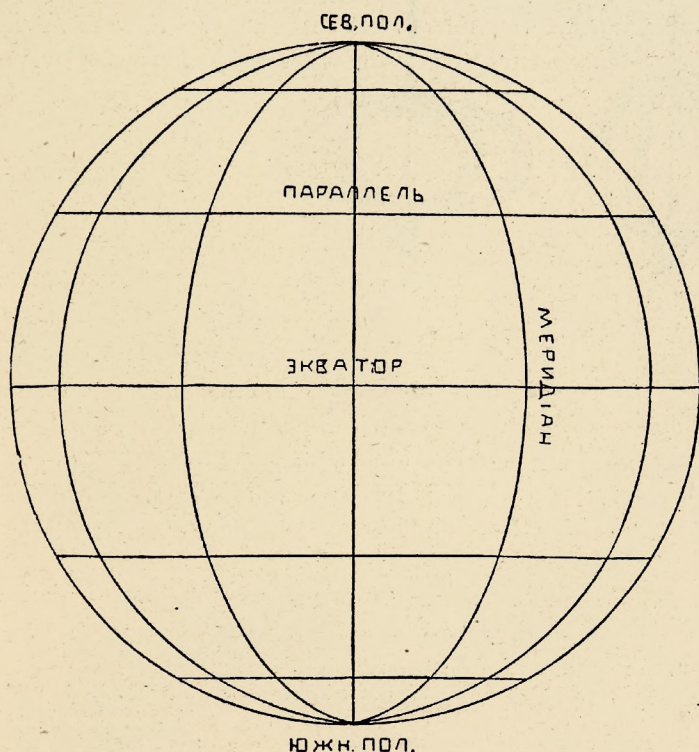


Рис. 2. Географическая сеть земного шара.

центру Земли, чем на экваторе. Эта разница не очень велика — всего 22 километра, но все-таки в два с половиной раза превышает высоту величайших гор.

какая-нибудь точка лежит на 30° к северу от экватора. Мы говорим, что она имеет 30° северной *широты*. Ясно, что все точки, лежащие на одной параллели, имеют одинаковую широту. Зная широту и долготу точки на земной поверхности, мы можем всегда эту точку найти. Совершенно таким же путем производится определение положения точек и на всех шаровых поверхностях — на Солнце, Луне, планетах, — на небесном шаре,

Сжатие Земли у полюсов наводит невольно на мысль, что оно связано с вращением ее вокруг оси, и, действительно, физика дает нам возможность легко убедиться, что это так.

Произведем, например, такой опыт. На тонкий негнущийся стержень, могущий вращаться на подобие оси, насадим тон-

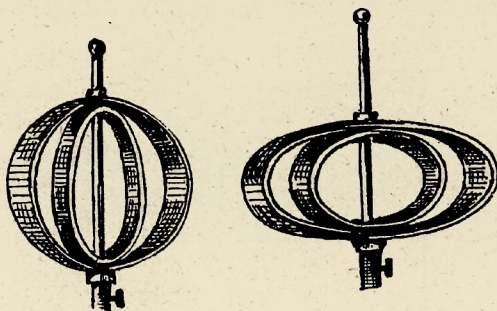


Рис. 3. Опыт с упругим кольцом.

кую упругую пластинку, согнутую кольцом, насадим ее так, чтобы при вращении стержня круг вращался вместе с ним, но вместе с тем, чтобы он мог свободно скользить по стержню в обе стороны. Приводя затем стержень вместе с кольцом во вращение, мы увидим, как части круга

около стержня начнут сближаться, что вызовет изменение его формы, показанное на рис. 3.

Сделаем другой опыт, так называемый опыт Плато, поучительный для нас во многих отношениях. В смесь воды и спирта посредством длинншей лейки вводим некоторое количество растительного масла той же плотности, как и смесь. Масло принимает вид шара. Внутри шара вводится небольшой кружок, насаженный на тонкий стеклянный стержень так, что центр шара совпадает с центром кружка. Вращение, приданное стержню и, следовательно, кружку, передается и маслу. При скорости в один оборот за 5—6 секунд шар меняет вид: он сжимается у полюсов и вздувается у экватора; при увеличении скорости вращения возрастает и сжатие. Если скорость превышает три оборота в секунду, вздутие экватора начинает отделяться от остальной массы круговыми желобками и, наконец, превращается в кольцо, вращающееся вокруг шаровидного тела. Затем это кольцо дробится на шарики, продолжающие обращаться вокруг внутрен-

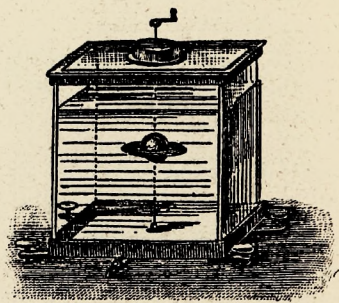


Рис. 4. Опыт Плато.

него шаровидного тела и притом вращающиеся вокруг своей оси в том же направлении. Этому опыту можно придать и много других видов. Для нас он важен тем, что показывает, как под влиянием вращения может сжиматься жидкое шаровое тело.

Причиной сжатия является так называемая центробежная сила, развивающаяся во вращающихся телах и направленная от центра вращения или от оси вращения. Это именно она натягивает шнур, к одному концу которого привязан камень, вращающийся вокруг руки, держащей другой конец шнура.

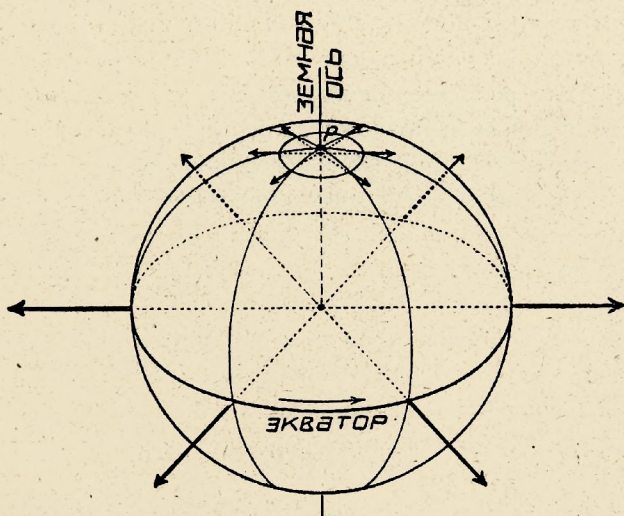


Рис. 5. Неравенство центробежной силы у полюсов и на экваторе.

Эта сила тем больше, чем больше скорость вращения и чем больше расстояние точки от оси вращения.

Как показывает рис. 5, центробежная сила на полюсе равна нулю, а вблизи от полюсов очень мала по сравнению с центробежной силой на экваторе.

Таким образом сжатие Земли также указывает на прежнее жидкое ее состояние. Можно думать, что Земля приняла современный вид еще тогда, когда вся она была жидкой, а затем сохранила его и после образования коры. Итак, оказывается, что было время, когда вся Земля была жидкой. На ней не было ни материков, ни океанов, ни гор, ни долин, сама кора не существовала. Была лишь огромная шарообразная масса раска-

ленной жидкости, окруженная толстой оболочкой раскаленных газов. Эта масса вращалась вокруг некоторой оси и вместе с тем обращалась вокруг Солнца.

Установив такое состояние Земли в прошлом, мы можем от него проследить ее дальнейшее развитие до нашего времени и даже в будущее или стараться выяснить происхождение этого огненно-жидкого шара.

Первое является задачей науки, изучающей историю Земли — геологии, второе составляет одну из глав науки о происхождении вселенной — космогонии. Обе задачи опираются на совершенно различные данные: для разрешения первой из них мы изучаем горные породы, их внешний вид, строение, расположение, состав, изучаем заключенные в них остатки животных и растений; для разрешения второй мы имеем очень мало данных на самой Земле, и поэтому должны обратиться к изучению других небесных тел и прежде всего нашего спутника — Луны и отца всей жизни и всего света на Земле — Солнца.

Тем не менее обе задачи тесно связаны между собою, и познание Земли является главнейшей основой для познания вселенной.

Поэтому, прежде чем переходить к изучению других небесных тел, скажем несколько слов о составе и строении Земли.

Начнем с воздуха. Главной составной его частью по весу является *азот* * — газ, сравнительно трудно соединяющийся с

* Азот, кислород, водород, углерод и т. д. называются простыми веществами, или элементами, в отличие от сложных веществ, или соединений. Например, вода — соединение водорода и кислорода, так как мы можем воду без всякого остатка разложить на кислород и водород и, наоборот, из водорода и кислорода можем получить воду; золото — элемент, так как до сих пор никакими способами, которыми располагает наука, не удалось разложить его на составные части. В настоящее время некоторые элементы были разложены на составные части. По современным взглядам вещество нельзя делить до бесконечности так, чтобы оно при этом сохраняло свои свойства. В конце концов мы доберемся до мельчайших частичек, из которых оно построено — молекул; если вещество сложное, молекула состоит из нескольких атомов, принадлежащих разным веществам; если вещество простое, молекула состоит из нескольких одинаковых атомов. Атомы сцепляются между собою лишь в определенных количествах. В настоящее время определен вес атомов различных элементов, который называется атомным весом. За единицу берется обыкновенно атом водорода. Вес молекулы, или молекулярный вес, получается, если сложить

другими веществами; затем идет кислород—главная основа жизни и всех превращений на земле—газ, чрезвычайно легко соединяющийся с другими веществами.

Затем идут так называемые благородные газы—аргон, криптон и т. д., названные так из-за их полной неспособности вступать в какие-либо химические соединения. Есть в атмосфере в крайне небольших количествах водяной пар и углекислый газ—вещества, крайне важные для жизни на Земле.

По весу на каждые 1.000 частей воздуха у поверхности Земли приходится:

азота	755 частей
кислорода	232 „
аргона и пр.	13 „
<hr/>	
Всего	1.000 частей.

Переходя к морю, покрывающему три четверти земной поверхности, мы можем сказать, что на каждые 1.000 весовых частей морской воды приходится:

кислорода	858	частей
водорода	107	„
хлора	21	„
натрия	11	„
магния, серы,	} 3	„
кальция, калия		
углерода, брома и т. д.		
<hr/>		
Итого	1.000	частей.

При этом обратим внимание на то, что кислород и водород—это газы, образующие своим соединением воду, а остальные вещества входят в состав различных солей, растворенных в морской воде.

Переходя к составу земной коры, мы найдем, что в нее входит очень большое количество различных веществ. На каждую тысячу весовых частей приходится:

кислорода	497 частей
кремния	260 „
алюминия	75 „

веса всех входящих в состав молекулы атомов. Например молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Атомный вес водорода равняется единице, кислорода—16; отсюда молекулярный вес воды равен 18.

железа	42 частей
кальция	32 "
натрия	24 "
калия	24 "
магния	23 "
водорода	10 "
углерода	4 "
титана	4 "
хлора	2 "
фосфора	1 "
серы	1 "
фтора, бария, марганца, азота и т. д.	1 "
<hr/>	
Итого	1.000 частей.

За исключением одного или двух веществ, известных нам только из наблюдений небесных тел, все остальные имеются в земной коре. Обратим внимание на несколько существенных особенностей распределения веществ в верхних слоях Земли. *Азот*, этот важный для нашей промышленности и для земледелия газ, который является главной составной частью воздуха, почти отсутствует в морской воде и в поверхностных каменных породах. *Кислород*, имеющийся в свободном состоянии в воздухе, в связанном состоянии в виде воды и различных окисей, находится в большом количестве в земной коре. Можно сказать, что по весу земная кора наполовину состоит из кислорода. *Кремний* — вещество, образующее огромное количество соединений с другими веществами и также с кислородом, по весу составляет одну четверть земной коры. Далее идут металлы — алюминий, кальций, натрий, калий, магний, которые по сравнению с другими элементами замечательны своим малым атомным весом, при чем их атомные веса заключены между атомными весами кислорода и кремния.

Кроме того в большом количестве в земной коре имеется железо и водород. В малых дозах, но все-таки в значительных количествах содержатся следующие за кремнием по атомному весу элементы — фосфор, сера, хлор, а также несколько более легкий углерод и несколько более тяжелый титан.

Чтобы объяснить это распределение, обратимся к тому времени, когда земля была лишь клубом раскаленного газа. Различные простые химические вещества, из которых состоял этот газ, были перемешаны между собою и имели такую вы-

сокую температуру, что не только были невозможны их соединения между собою, но и молекулы не могли существовать и быстро распадались на атомы. Время вносило в этот хаос некоторый порядок. Вещества располагались последовательными слоями, более тяжелые ближе к центру, более легкие дальше от центра. Однако полного покоя вещества не было: в газовой массе по разным причинам возникали восходящие и нисходящие течения, которые опять смешивали разделившиеся было слои. Кроме того частицы газа благодаря высокой температуре двигались с очень большой быстротой, и некоторая часть из частиц, вышедших за границу одного слоя, не возвращалась назад. Это явление, носящее название *диффузии*, также мешало точному разделению слоев. Во всяком случае, в каждом слое преобладал тот или другой элемент, но в нем находились также и другие, хотя бы в очень малых количествах. Посмотрим, какие слои должны были находиться между слоем углерода и слоем кремния; для ответа достаточно взглянуть на таблицу химических элементов. Мы увидим такую последовательность: углерод, азот, кислород, фтор, неон, натрий, магний, алюминий, кремний.

Если мы сравним эту последовательность с данной выше таблицей распределения веществ в земной коре, то мы увидим ряд поразительных совпадений, которые показывают, что земная кора действительно образовалась именно этим путем. Легко представить себе, как происходило ее образование. Когда благодаря охлаждению температура этих слоев понизилась до такой степени, что стали возможны соединения элементов между собою и вместе с тем стали образовываться молекулы, началось перемешивание между собою различных слоев. Благодаря этому перемешиванию получилась возможность встречи между собою элементов, расположенных в различных слоях, и, конечно, это вело снова к образованию соединений. Те же вещества, которые неспособны в такой мере на образование соединений, оставались вне образовывавшейся земной коры, как, например, азот и благородные газы (аргон, криптон, неон и т. д.), или же оказывались как бы растворенными, рассеянными в ней, как очень многие известные нам вещества.

По мере охлаждения образовывались и другие соединения, например, кислорода с водородом (вода), масса Земли вместо газобразной становилась жидкой, на жидкости образовывалась

кора твердая, но неустойчивая, под которой бушевал огненно-жидкий океан, а над нею лежала толстая газовая оболочка, тоже бурная и беспокойная.

Наконец наступил день, когда температура земной коры оказалась ниже температуры кипения воды, и водяной пар, находившийся в атмосфере, превратившись в значительной части в воду, покрыл всю поверхность Земли мировым океаном.

Атмосфера, как мы говорили, составила из тех газов, которые особенно неспособны к соединениям и вместе с тем остаются газами и при более низких температурах, не превращаясь в жидкости. С этой точки зрения непонятно присутствие в атмосфере кислорода, который очень легко соединяется с другими веществами и уже давно должен был бы войти в различные соединения без свободного остатка. Его присутствие в свободном виде объясняется действием живых существ, и именно растений. Можно думать, что растительный мир Земли в течение миллионов веков вернул атмосфере часть утраченного ею кислорода.

Мы уже обратили внимание на присутствие в земной коре большого количества железа. Это как-будто противоречит тому, что мы говорили выше о первоначальном распределении простых веществ последовательными слоями по их атомному весу. В самом деле, атомный вес железа значительно (вдвое) выше атомного веса кремния. Из этого противоречия мы выйдем, вспомнив о том, что ни один из слоев не является чистым: наряду с преобладающим веществом в нем рассеяны и другие, в том числе и железо. Правда, железа несколько больше в земной коре, чем других веществ, но и это понятно: как мы увидим дальше, железо в природе чрезвычайно распространено; есть все основания думать, что внутреннее ядро земного шара, о котором мы говорили выше, состоит главным образом из железа. Естественно, поэтому, что и в земной коре довольно много железа.

До сих пор мы ничего не говорили о внутреннем ядре. Скажем и о нем два слова. Прежде всего обратим внимание на большую разницу между средней плотностью * земной коры

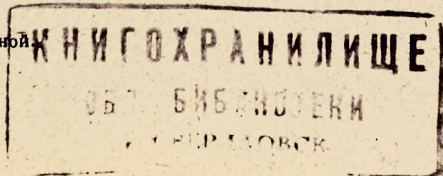
* Плотностью вещества называется его количество в единице объема, при чем единицею плотности считается плотность воды при обыкновенных условиях. Если тело неоднородное, т.е. в одних местах более плотное, в других менее плотное, берется средняя плотность. Например возьмем шар, внутри состоящий из железа (плотность равна восьми) и снаружи из лавы (плотность равна трем). Если мы не знаем,

и средней плотностью Земли. Первая равна 2,5, а вторая—5,5, т.е. ядро Земли построено из веществ, которые в среднем больше чем в два раза тяжелее тех веществ, из которых состоит земная кора. Более того: по наблюдениям землетрясений видно, что приблизительно на расстоянии 4.500 километров от центра ядро делится на внутреннее тяжелое ядро, с плотностью около 8,0, и оболочку—с плотностью 3,5. Но из всех веществ по плотности к восьми наиболее подходит твердое железо. С другой стороны, явления земного магнетизма также указывают на присутствие внутри Земли большого количества сильно магнитных веществ, и прежде всего железа.

Земную поверхность мы оставили в тот момент, когда ее покрыло мировое море. Каким образом нарушилась ровность ее, и из мирового океана выступили материки, а однообразно ровное дно заменилось современным нам дном океана с глубинами, меняющимися в пределах до 10 километров? Где та сила, которая заставила верхние слои земной коры образовывать те могучие складки, которые мы наблюдаем в любой горной местности? Этих сил можно указать несколько, хотя трудно сказать, какая из них имела наибольшее значение.

Прежде всего под влиянием охлаждения Земли ее радиус и объем уменьшались. Уменьшение объема ядра влекло за собою и уменьшение радиуса твердой земной коры, которая при этом образовала складки. Затем, как мы увидим дальше, можно думать, что время вращения Земли вокруг оси когда-то было значительно меньше, чем теперь; быть может оно равнялось 5—6 часам. Большой скорости вращения, как мы видели в опыте Плато, соответствует большее сжатие Земли у полюсов. Таким образом при увеличении длины дня от 6 часов до 24 часов сжатие должно было уменьшаться, и это уменьшение сжатия должно было повлечь за собою образование складок. Нужно отметить также и прямое действие центробежной силы, которая будет стремиться верхние слои земной коры сдвинуть от полюсов к экватору, что опять-таки влечет образование складок. В нашу задачу не входит рассмотрение образования складок. Земля для нас имеет значение как небесное тело, с которым мы больше всего знакомы, как переход к изучению других небесных тел.

сколько железа и сколько лавы, мы берем как среднюю плотность половину суммы плотностей лавы и железа, т.е. $\frac{1}{2} (8 + 3) = 5,5$.



II. ЛУНА. ПРИЛИВЫ. НАЧАЛО И КОНЕЦ ЗЕМЛИ И ЛУНЫ.

Из всех небесных тел Луна ближе всего к нам. Ее расстояние от нас так мало, что при скорости наших земных средств сообщения можно было бы добраться до нее в короткий срок. Она отстоит от земли на 384 тысячи километров, что равно приблизительно 30 поперечникам земного шара или десяти его окружностям. Люди, которые много путешествуют, за всю свою жизнь проезжают гораздо большие расстояния. Рис. 6

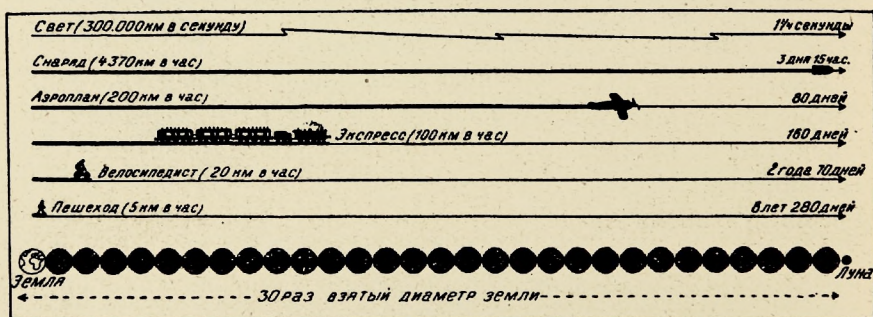


Рис. 6. Расстояние от Земли до Луны.

показывает, что, например, аэроплан, при скорости 200 километров в час, долетел бы до луны за 80 дней, и даже пешеход, при скорости 5 километров в час, дотащился бы до Луны за 8 лет 280 дней. Таким образом, когда человек преодолест мировые пространства, первую будет достигнута Луна, и, быть может, это случится гораздо скорее, чем мы думаем.

По размерам Луна значительно меньше Земли. Ее поперечник равен 3.480 километрам, т.-е. 0,27 поперечника Земли; ее поверхность равна $\frac{1}{11}$ поверхности Земли и объем— $\frac{1}{50}$ объема Земли. Если бы средняя плотность Луны была такова же, как

и Земли, то Луна весила бы в пятьдесят раз меньше, чем Земля. Но плотность Луны равна приблизительно 3,4, и поэтому Луна в 81 раз легче Земли. Отметим заодно, что эта плотность приблизительно равна плотности среднего слоя Земли.

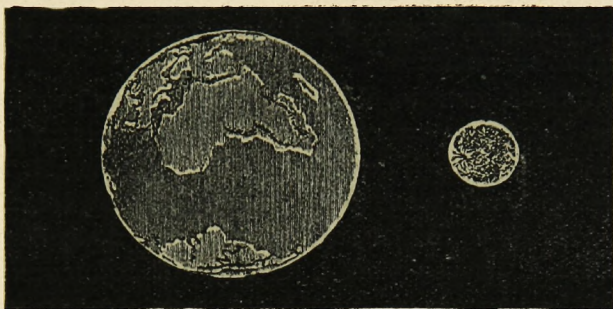


Рис. 7. Сравнительные размеры Земли и Луны.

После этого предварительного знакомства обратимся к самой Луне. Возьмем небольшую трубу и взглянем в нее на узкий серебристый серпик. Небольшого увеличения достаточно, чтобы

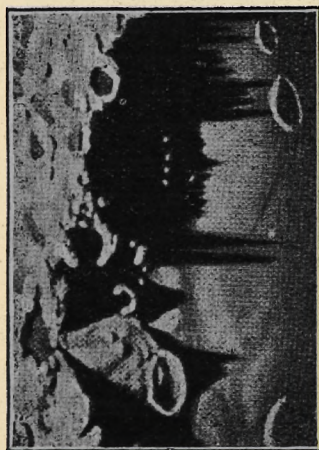


Рис. 8. Длинные тени на Луне и на Земле.

показать значительное разнообразие лунной поверхности. Внутренний край, кажущийся зазубренным даже для простого глаза, оказывается действительно „зазубренным“. Перед нами лежит горная страна, часть которой уже освещена Солнцем, а другая

часть еще скрыта в тени. В то время как Солнце уже освещает верхушки гор, долины спят. Наблюдение в течение получаса покажет нам, как увеличивается освещенная часть Луны, в то время как Солнце озаряет все новые и новые места. Ясно, что в этой местности перед нами утро, и тот, кто встречал солнечный восход в горах, может себе представить всю красоту его здесь среди этих диких обрывистых утесов.

Присмотримся, однако, ближе к наблюдаемой нами картине. Мы увидим большие темные пятна со сравнительно ровной поверхностью, повидимому, лежащие ниже окружающей местности. Первые наблюдатели называли эти пятна морями, и это название удержалось, хотя потом было обнаружено полное отсутствие воды на луне. Взглянем теперь на горы. Мы увидим, что большинство из них имеет странный кольцеобразный вид, встречающийся на Земле лишь у вулканов. Но от земных вулканов лунные кольцеобразные горы настолько отличаются, что вряд ли может идти речь о каком-либо сравнении их между собою. В то время как поперечники земных вулканов не превышают двух километров, поперечники лунных колец в среднем равны нескольким десяткам километров и иногда превышают двести километров. Высоты их также значительны. Измеряя отбрасываемые ими тени, удалось установить высоту целого ряда лунных гор, при чем оказалось, что высота в 7—8 километров встречается гораздо чаще, чем на Земле. Однако и при такой высоте лунные цирки гораздо больше похожи на окаймленные равнины, чем на настоящие горные местности. Если бы мы спустились по середине такого цирка, то благодаря большей кривизне лунной поверхности мы могли бы не увидеть окружающего кольца из гор и сочли бы себя на равнине.

Очень часто в середине лунных цирков находится небольшое возвышение, небольшое по сравнению с окружающим валом, на деле же достаточно высокое. Дно цирка за немногими исключениями лежит ниже окружающей местности. Измерения показали, что вещества, образующего вал, было бы достаточно для заполнения этой впадины. Очень часто на валах больших цирков располагаются меньшие цирки. Любопытно, что эти цирки всегда образуются на счет вала своего хозяина. Иногда бывает, что два смежных цирка слегка захватывают друг друга; тогда один из них образует полный круг, а другой только часть круга. Ясно, что первый возник позже второго.

Отличительной чертой лунных видов являются и трещины, тянущиеся иногда на большие расстояния. На некоторых из них, как, например, на трещине Гигинуса, бывает насажено по несколько мелких цирков, разделенных трещиной как бы пополам. Относительно таких местностей трудно сомневаться в их вулканическом происхождении, но вулканическое происхождение крупных цирков сомнительно.

Лунные виды отличаются изумительной ясностью очертаний. Они никогда не закрываются ни облаками ни туманами. За

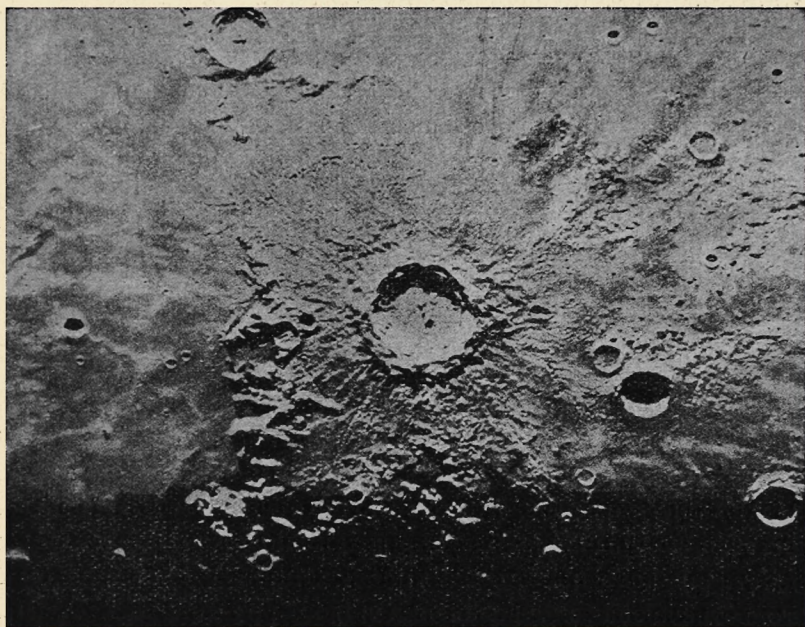


Рис. 9. Горная местность на Луне.

все время, пока ведутся наблюдения Луны, ни разу не была отмечена какая-нибудь неясность или туманность очертаний, которые позволили бы предположить существование на Луне атмосферы. Тени всегда черны и резки. Точно также и во время наблюдения затмений и покрытий звезд Луною ни разу не было обнаружено влияние атмосферы, хотя бы в самой малой степени. Все это заставляет думать, что Луна или совсем не обладает атмосферой или же ее атмосфера чрезвычайно разрежена и не может иметь заметного влияния на вид лунной

поверхности. Об этом же говорят лунные виды. Насколько можно судить, они не подвергались действию ни воды ни воздуха, и потому совершенно не сравнимы с видами земной поверхности. Легко себе представить, какой это безрадостный мир со зноем на солнце, морозом и тьмою в тени. Трудно ставить пределы могуществу природы, но нужно признать, что жизнь, сколько-нибудь напоминающая земную, на Луне невозможна.

Интересной особенностью лунных видов являются так называемые лучи, идущие от некоторых кратеров по многим направлениям и особенно хорошо видимые во время полнолуния. Эти полосы тянутся через горы и равнины, сами по себе не отбрасывают тени и, следовательно, не являются возвышенностями; вместе с тем это и не углубления. Расстояния, на которые они тянутся, огромны, иногда свыше тысячи километров. Повидимому эти образования являются изменениями цвета почвы, тянущимися в виде полос; происхождение их в высшей степени загадочно, как и вообще происхождение лунных гор, трещин, равнин и т. д.

Я уже говорил о том впечатлении безжизненности, какое оставляют у каждого даже поверхностного наблюдателя лунные виды. К этому нужно прибавить еще их неизменность. Несмотря на то, что наблюдения Луны при помощи зрительных труб ведутся уже свыше трехсот лет, до сих пор не отмечено ни одного точно проверенного случая каких-либо изменений на поверхности Луны. Между тем по отношению к Луне мы находимся в чрезвычайно благоприятном положении благодаря ее близости и доступности для наблюдений. В самом деле, уже часто встречающееся увеличение в 500 раз приближает к нам Луну до расстояния в 800 километров, а мощные трубы, как например, на обсерватории на горе Вильсон, уменьшают это расстояние до 50 километров. В то время как на поверхности гораздо более далеких Марса и Юпитера мы отмечаем постоянные изменения, лик Луны остается спокойным и неизменным, хотя искаженные черты его указывают на то, что в прошлом поверхность Луны была местом борьбы титанических сил природы.

Из многочисленных объяснений происхождения вида лунной поверхности, собственно говоря, ни одно не является вполне удовлетворительным. Французские астрономы Леви и Пюизе предположили, что во время образования лунной коры благо-

даря меньшей силе тяжести на Луне прорывавшиеся изнутри газы местами вспучивали поверхность Луны; получалось нечто вроде огромных пузырей; потом газы находили себе выход, пузырь обваливался, и оставался лишь его край, образовавший цирк; середину заливала лава, проходившая сквозь многочисленные трещины. Это объяснение трудно признать удовлетворительным, так как пузыри в несколько сот километров не вяжутся со свойствами известных нам веществ. То же следует сказать и о предположении, что лунные горы представляют из себя действовавшие когда-то, но уже давно потухшие вулканы. Это могло бы иметь место для небольших кратеров, но объяснять таким образом огромные образования в роде цирка Клаввиуса или Птолемея невозможно. Этому противоречит наш земной опыт. В самом деле, поперечники наибольших кратеров, какие мы знаем на Земле, не превышают шести километров, тогда как цирк Клаввиус на Луне имеет поперечник в 248 километров, а цирк Отто Струве имеет даже 310 километров. Нет решительно никаких оснований допускать такую огромную разницу между вулканическими силами на Луне и на Земле. Совершенно неубедителен довод, приводимый многими, что и на Земле когда-то, при неокрепшей еще коре, были вулканы таких же размеров, как на Луне, но потом всякие следы их были стерты непрерывным действием воды и воздуха. Дело в том, что и Луна несомненно имела свой запас воды и воздуха; таким образом ее первобытные вулканы тоже не могли бы сохраниться в первоначальном виде, и нынешнее состояние лунной поверхности совершенно не соответствует первоначальному.

Наоборот, огромная разница между земными вулканами и лунными горами должна заставить нас признать, что те силы, которые создали современный вид лунной поверхности, совершенно не походят ни на какие земные силы. Что же это за силы, и как они действовали?

Мы только что сказали, что Луна имела и воду и воздух. Однако теперь их нет или почти нет, в то время как Земля, мать или старшая сестра Луны, на три четверти покрыта океаном и обладает огромной атмосферой. Причина, почему Луна раньше потеряла свой водяной и воздушный покровы, заключается в том, что она весит в 81 раз меньше Земли. Поэтому притяжение, производимое Луною на другие тела, чрезвычайно мало. Человек, который весит на Земле 70 килограммов, весил

бы на Луне всего 12 килограммов, и при одинаковом напряжении мускулов мог бы прыгнуть гораздо выше и дальше, как показывает рис. 10. Легко себе представить, что на небесных телах совсем маленького размера прыжка было бы достаточно, чтобы совершенно умчаться прочь. Какая разница с Землей! Чтобы пушечное ядро совсем умчалось от Земли, оно должно обладать скоростью по меньшей мере 11 км 280 м в секунду, между тем как для отлета с Луны было бы достаточно 2 км 380 м в секунду. Но как-раз такими скоростями обладают частицы газов, и чем газ горячее, тем сильнее движения его частиц. Простого расчета было бы достаточно, чтобы показать, как Луна должна была частица за частицей терять свою

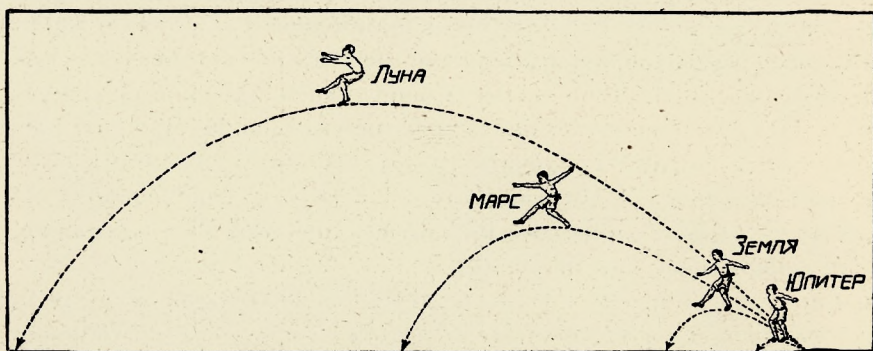


Рис. 10. Сила тяжести на планетах.

атмосферу, в то время как более тяжелая Земля смогла ее удержать. За воздухом, конечно, последовала бы вода, легко превращающаяся в пар.

Лишенная воды и воздуха лунная поверхность должна испытывать очень жестокое накаливание от Солнца в течение дня и не менее жестокий холод ночью. А день и ночь длятся на Луне не 24 часа, как у нас, а $29\frac{1}{2}$ земных суток. Легко себе представить, какая степень накаливания должна достигаться в течение пятнадцатидневного дня и какой холод должен господствовать в течение пятнадцатидневной ночи. Какой бы прочности скалы и каменные породы ни были на Луне, они не могут выдержать такой смены холода и жары и необходимо должны трескаться, все более и более размельчаясь и разрушаясь. Таким образом на поверхности Луны нельзя

ожидать твердых пород: на ней вряд ли есть что-либо, кроме песка и пыли, лежащих неподвижно, так как там нет ветра, нет воды.

Представим себе, что в подобную покрытую мельчайшей пылью и песком поверхность сверху с огромной скоростью падает камень. Он врезывается в поверхность и некоторое время, крайне незначительное, движется внутри нее, пока не достигает твердого дна, которое его останавливает. При внезапной остановке движения камень разогревается, и если первоначальная скорость была очень велика, то камень может сразу превратиться в газ, попросту говоря, взорваться. И газ, получившийся после этого взрыва, сразу бросится во все стороны и будет сметать все перед собою. Так как пыль и песок легки и удобоподвижны, особенно на Луне, где сила тяжести в шесть раз меньше, чем на земной поверхности, и на Луне нет воздуха, который мог бы препятствовать движению пылинок, то легко себе представить, какое сильное действие должны производить даже небольшие тела, падающие на Луну и взрывающиеся на ней.

Какой вид будет иметь место падения с его окрестностями после того, как все уляжется и успокоится? Конечно все сметенные материалы лягут на некотором расстоянии и образуют нечто вроде кольцевого вала. На самом месте падения встанет небольшая горка. Что касается до более легких пылинок, они будут отнесены гораздо дальше и, падая на поверхность Луны, образуют своего рода лучи, тянущиеся вдаль от вала на большие расстояния.

Чтобы проверить это предположение о происхождении лунных гор, германский ученый Вегенер проделал следующие опыты. Он насыпал на ровную поверхность порошок цемента толщиной в половину сантиметра; затем сверху ложкою бросал некоторое количество порошка цемента или гипса; после того как все улеглось, получившееся распределение порошка для закрепления обрызгивалось водою. После ряда опытов у Вегенера получилось, как показывает рис. 11, точное подобие лунных кратеров: вал и посредине горка.

Представим себе, что такое тело только задевает поверхность Луны; тогда оно оставляет за собою борозду, и действительно на Луне мы видим многочисленные борозды. Пусть падающее тело падает под некоторым острым углом к лунной

поверхности; тогда может получиться не круглый, а вытянутый цирк.

Мы не будем разбирать это предположение во всех подробностях. Ответим на ряд естественных вопросов, возникающих у читателя. Прежде всего, откуда и какие камни могли и могут падать на Луну; и затем, если они падают на Луну и на ней поднимают кольцевые горы, почему ничего подобного нет на Земле? И, наконец, что же из себя представляют лунные моря?

Камни падают из пространства. Это те самые падающие звезды, которые хорошо известны каждому. Далее мы будем подробно говорить о них, здесь же укажем, что в мировом пространстве блуждают большие рои, состоящие из мелких и крупных тел. Когда Земля встречается с таким роем, наиболее мелкие тела нагреваются и сгорают в земной атмосфере; что касается до более крупных, то они падают иногда большими глыбами, иногда в виде мелких осколков, а иногда даже в виде каменных дождей. Падения эти бывают довольно редко, однако, на протяжении XIX века отмечено одиннадцать каменных дождей, при чем во время каменного дождя в Пултуске, в Польше 30 июня 1868 года выпало свыше 100.000 камней. В отдельных случаях вес таких камней доходит до 16.000 килограммов, т.-е. до 1.000 пудов. Почему же эти массы на Земле не производят такого действия, как на Луне? По очень простой причине: Земля окружена мягкой, но упругой подушкой — атмосферой, которая своим сопротивлением задерживает проходящие через нее тела, нагревает их, дробит на более мелкие части, и таким образом на земную поверхность падают почти безопасные камни. Кроме того Земля покрыта не измельченными рыхлыми породами, а на три четверти океаном и на остальную четверть твердой сушей, которая по своему строению несколько не похожа на лунную поверхность. Тем не менее и на Земле можно указать пример кратера, напоминающего лунные горы — это кратеровидное образование в Северной Америке в Аризоне. Вот его описание*.

Поперечник кратера 1.150 метров, высота вала над прилегающей местностью от 40 до 50 м, глубина кратера — 170 м, так что плоское дно кратера лежит ниже уровня окружающей местности на 125 м. Геологическое строение окрестностей кра-

* Вегенер. Происхождение Луны и ее кратеров, стр. 37.

тера следующее: наверху слой красного песчаника толщиной в 50 м, под ним слой известняка толщиной в 80 м, а еще ниже слой белого песчаника не меньше чем в 300 м толщи-

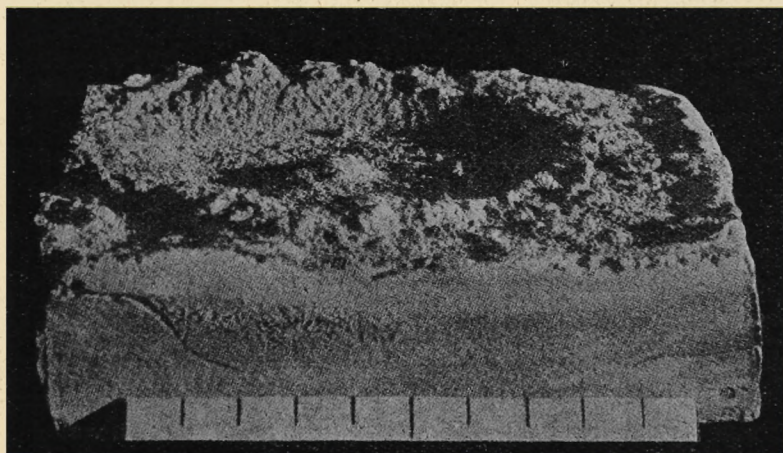
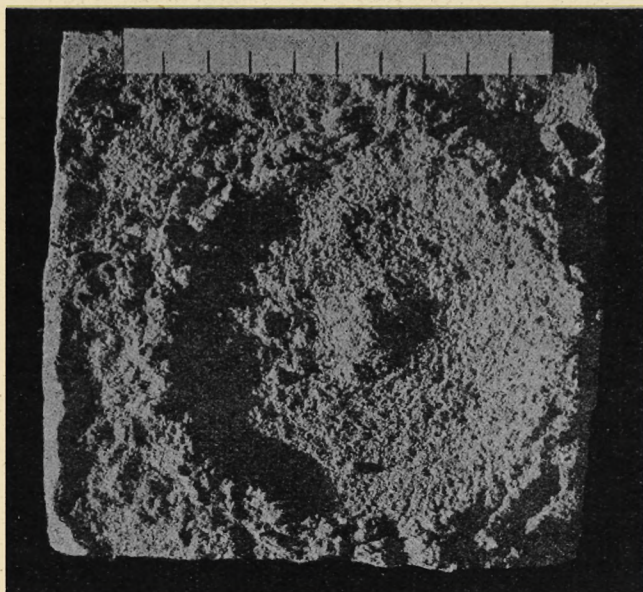


Рис. 11. Кратеры падения из цементного порошка.

ною; все эти слои находятся в ненарушенном горизонтальном положении. Напротив, в стене кратера слои эти сдвинуты и оттеснены от середины кнаружи. Многочисленные обломки пес-

чаника и известняка отброшены на расстояние до $6\frac{1}{2}$ км, причем величина их в общем убывает вместе с расстоянием. На расстоянии 1 километра еще встречаются глыбы в 20—30 метров толщины. Среди выброшенного материала, а также и внутри кратера, встречаются также большие массы распыленного песчаника. Эта „каменная мука“ составляет примерно 15—20% выброшенных масс. Внутри кратера попадают и незначительные следы плавления пород. Понятно, что геологи колебались признать этот кратер кратером падения, а не вулканическим. Случаю, однако, было угодно, чтобы в его окрестностях не оказалось никакого следа вулканических пород и что их не найдено также было и при бурениях внутри кратера; более того: когда бурением была пройдена зона разрушения, под ней найден был песчаник, лежащий нетронутыми горизонтальными слоями. С другой стороны, в кратере и его окрестностях уже с 1866 года было открыто много кусков метеорного* железа. Некоторые из них весили больше 500 килограммов. Наряду с неправильными кусками наиболее частыми, попадают и шары скорлуповатого сложения, весом до 20 килограммов; их строение, повидимому, указывает на то, что это были капли расплавленного железа. И в пробуренной части кратерного дна железные куски встречались еще на глубине в 200 м. Общая масса собранных до сих пор кусков метеорного железа составляет около 15.000 килограммов.

При таких условиях предположение вулканического происхождения этого кратера, конечно, отпадает. Очевидно, мы имеем кратер падения. Поперечник упавшего тела был по всей вероятности около 150—200 метров. Само падение произошло на человеческой памяти: у местных индейцев имеются об этом предания.

Этот поразительный пример показывает, что и на Земле при исключительно благоприятных условиях могут образовываться кратеры падения. Только на Земле эти кратеры не могут быть устойчивыми, тогда как на Луне при отсутствии разрушительного действия воды и воздуха они могут стоять без изменения неопределенно долго: поверхность Луны дольше хранит память о пережитом, чем поверхность Земли.

* Метеорное железо, это—железо, находимое в падающих с неба телах — метеоритах.

Теперь — вопрос о количестве кольцевых гор на Луне: оно очень велико, и, для того чтобы его объяснить, делались различные предположения, например, о встрече Земли и Луны с огромным роем метеоритных масс. Представим себе такую встречу. Бесчисленные камни сыпались с неба на Землю и на Луну. Земля, более защищенная, лучше справилась с этим бедствием, и постепенно действие воды и воздуха сгладило все его следы, тогда как Луна до сих пор хранит память о встрече. Что касается до лунных морей, то их происхождение можно объяснить падением более тяжелых тел, которые пробивали лунную кору, и тогда изнутри выливалась лава и затопляла обширные пространства.

Однако, быть может, нет надобности во встрече с роем. По вычислениям геологов, от начала жизни на Земле прошло не менее 100 миллионов лет; следовательно возраст Луны нужно считать в несколько сот миллионов лет, а за это время на Луну могло упасть много тысяч крупных тел.

Нельзя, конечно, ручаться за правильность приводимого нами объяснения вида лунной поверхности, но оно лучше согласуется с наблюдениями, чем все другие. Для нашей цели оно особенно интересно тем, что мы встречаемся с крайне важным в жизни вселенной явлением — мелкими и крупными телами, пылью, камнями и т. д., носящимися в пространстве. Далее мы увидим, как в космогонии велико значение метеоритов.

Пока мы говорили только отдельно о Земле и о Луне, не упоминая о существующей между ними связи, а между тем эта связь видна и на Земле и на Луне. Говоря о лунных сутках, мы упомянули, что они равны $29\frac{1}{2}$ земных суток, но и время обращения Луны вокруг Земли также равно $29\frac{1}{2}$ суткам. Таким образом Луна вечно повернута к нам одной стороной, и другая сторона нам совершенно неизвестна. Эта вечная обращенность к Земле только одной стороны Луны, конечно, не случайна. На Земле нет таких прямых следов действия Луны, но само действие проявляется в виде всем хорошо известного явления приливов и отливов. И вот бессмертной заслугой великого английского астронома Джорджа Дарвина нужно считать связь, которую он установил между приливами, лунными сутками и историей Земли и Луны.

Всем, кто жил на море, хорошо знакомы приливы и отливы. Морской уровень постепенно повышается, достигает наиболь-

шей высоты и затем понемногу опускается. Разница между наибольшим и наименьшим уровнем моря зависит от места, и, например, у берегов Новой Шотландии или Патагонии она достигает 18—19 метров. У нас на Белом море высота прилива не так велика, но все таки доходит до 7—8 метров. Это вздымание и опускание моря происходит по два раза в сутки, вернее каждые 24 ч. 50 минут дважды имеет место прилив и дважды отлив.

Уже давно пытались объяснить происхождение приливов, но удалось это только Ньютону при помощи открытого им закона всемирного тяготения. Мы неоднократно употребляли слово „притягивать“, но теперь нам нужно дать ему более точное определение. По закону Ньютона каждая частица вещества притягивает каждую другую частицу вещества с силой, которая зависит и от масс* этих частиц и от их расстояния. Чем расстояние больше, тем слабее притяжение между частицами, и даже притяжение убывает гораздо быстрее, чем возрастает расстояние. Например, если мы увеличим расстояние вдвое, то притяжение убывает в четыре раза, т.-е. два, помноженное на два (2^2); если расстояние увеличим в три раза, то притяжение уменьшится в девять раз (3^2); наконец, если расстояние станет больше в 10 раз, то притяжение станет меньше в 100 раз (10^2), и т. д. Отсюда ясен общий закон зависимости притяжения от расстояния, который на математическом языке выражается так: *притяжение между двумя материальными точками обратно пропорционально квадрату расстояния между ними*. Теперь пусть одна из притягивающих частиц равна не одному, а двум граммам; тогда она притягивает вдвое сильнее; точно так же, если она равна трем, пяти и т. д. граммам, то она притягивает соответственно в три, пять и т. д. раз сильнее; то же самое можно сказать и о другой из притягивающих частиц. На математическом языке это звучит так: *притяжение между двумя материальными точками прямо пропорционально их массам*.

* Массою тела называется содержащееся в нем количество вещества. Масса и вес не одно и то же. Возьмем, например, мешок муки и перенесем его с Земли на Луну. На Луне благодаря слабости лунного притяжения он будет весить значительно меньше, между тем количество муки не убавилось ни на крупинку, и хлеба, испеченного из нее, будет столько же, сколько и на Земле.

Зная этот закон, легко вычислить притяжение, которое Земля производит на материальную частицу, отстоящую от Земли на тридцать земных поперечников, или, что то же самое, на шестьдесят земных радиусов, т.-е. на расстоянии Луны. Притяжение на земной поверхности, т.-е. на расстоянии одного земного радиуса от центра Земли, мы знаем. Луна находится на 60 земных радиусов от центра Земли. Нам нужно 60 помножить на 60, что дает 3.600, и затем разделить на 3.600 притяжение на земной поверхности; мы получаем притяжение, которое производит Земля на частицу, находящуюся на расстоянии Луны; отсюда легко получить и притяжение, производимое Землею на Луну, а это притяжение равно притяжению, производимому Луною на Землю. Ньютон проверил свой закон, применив его к Луне, и получил хорошее объяснение движения Луны. Им же было дано и обратное применение закона тяготения к действию Луны на Землю, которая вызывает на Земле приливы и отливы.

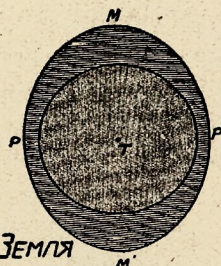


Рис. 12. Объяснение приливов.

Представим себе, что Земля имеет вид твердого шара, покрытого слоем воды. Если бы ни вблизи ни вдали не было других небесных тел, вода покрывала бы Землю равномерным слоем. Пусть теперь на Землю действует Луна (см. рис. 12).

Частицы воды, находящиеся в M , будут ближе к Луне и потому будут сильнее ею притягиваться, чем частицы, находящиеся в P ; но вода есть вещество удобоподвижное, поэтому в M образуется вздутие, направленное к Луне, тогда как в P уровень воды понизится. Казалось бы, что уровень воды должен понизиться и в точке M' , противоположной точке M , т.-е. что когда в M прилив, в M' должен быть отлив. Однако математическое учение о приливах показывает, что вздутие образуется и в M' и что таким образом прилив будет в M , и M' , а отлив в P и P' . Что это так, можно показать таким грубым рассуждением: точка T —центр Земли—ближе к Луне и притягивается Луною с большей силой, чем точка M' ; поэтому под влиянием притяжения Луны твердое ядро Земли несколько

ближе придвинется к Луне, чем жидкость в M' , и, следовательно, в M' будет вздутие. Что это так, показывает и опыт: пусть Земля вращается вокруг оси, проходящей через T ; тогда каждая точка твердой поверхности дважды за сутки пройдет через прилив (в точках M и M') и дважды через отлив (в точке P и P'). Как мы видели, это действительно происходит.

Данное нами объяснение приливов показывает, что полная смена приливов и отливов должна происходить за сутки, т.-е. за 24 часа, между тем она происходит за 24 часа 50 минут. О чем говорит эта разница в пятьдесят минут? О том, что данное нами объяснение правильно и что приливы действительно вызываются Луною. В самом деле, Земля вращается вокруг своей оси за 24 часа, а Луна за $29\frac{1}{2}$ суток обходит кругом Земли, при чем ее обращение происходит в том же направлении, как и вращение Земли. Пока Земля проделывает полный круг, т.-е. один оборот, Луна проходит дальше на $1/29,5$, — приблизительно на одну тридцатую полного круга. Таким образом точке, которая сутки тому назад проходила через прилив, нужно пройти еще одну тридцатую полного обхода, чтобы стать в прежнее положение по отношению к Луне; но одна тридцатая полного обхода как-раз и составляет приблизительно 50 минут. Таким образом ясно, что полное чередование приливов и отливов должно совершаться действительно за 24 ч. 50 м.

Это объяснение приливов, однако, совершенно недостаточно для их полного понимания. Ведь Земля покрыта водою на три четверти, а не целиком; распределение материков и океанов на ней очень неправильно; Земля не шар, а тело, сжатое у полюсов и вздутое у экватора; кроме Луны притягивают Землю и могут вызывать приливы также другие небесные тела и прежде всего Солнце; Земля не есть вполне твердое тело, и, как мы видели, под твердой корой лежит слой расплавленного вещества, если не вполне жидкого, то и не вполне твердого; это вещество также может испытывать приливы и отливы; затем вода обладает некоторой способностью к трению, и это трение должно препятствовать перемещению приливной волны; наконец, если бы не существовало ни одного из указанных усложняющих обстоятельств, данное выше объяснение было бы все-таки слишком грубой картиной явления приливов.

Задача объяснения приливов при всех условиях, имеющих место на Земле, является одной из наиболее трудных, но вме-

сте с тем и наиболее привлекательных математических задач. Практическая важность ее также очень велика: правильное предсказывание приливов и отливов необходимо и для мореплавания, и для рыбной ловли, и для различных видов приморской промышленности. В настоящее время делаются многочисленные и успешные попытки использовать силу приливов для добывания электрической энергии. Чтобы дать представление об этом источнике силы, скажем несколько слов о предполагаемой постройке электро-приливной станции во Франции, у Сен-Мало. Плотины будут перегораживать устье реки Ранс в нескольких местах так, чтобы образовалось несколько бассейнов. Запирая в этих бассейнах приливную воду и затем выпуская ее при отливе, можно заставить ее работать два раза. Одна эта станция даст экономию в угле в 250.000 тонн в год. Другая предполагаемая станция во Франции, у горы св. Михаила (Mont Saint Michel), будет давать около 750.000 лошадиных сил; чтобы оценить мощность этой станции, достаточно сказать, что Волховстрой рассчитан всего на 80.000 лошадиных сил и что получаемая энергия будет распределяться на четвертую часть Франции. Этот пример показывает, какие громадные источники энергии имеет еще в своем распоряжении человечество; вместе с тем мы видим, что открытие этого источника и его использование оказались возможны только благодаря науке, которая в лице своих лучших представителей не думала о практических применениях. И как-раз ученые, работа которых оказалась в высшей степени полезна для практических задач, в данном случае Джордж Дарвин и Анри Пуанкаре, больше всего стремились к решению вопроса о влиянии приливов на судьбу Земли и Луны и вообще о значении приливов в жизни звезд.

Мы здесь не будем рассматривать задачу приливов во всей ее сложности и выделим лишь те ее особенности, которые имеют для нас существенное значение. Прежде всего скажем два слова о приливах, вызываемых Солнцем. Солнце гораздо больше Луны, но оно находится гораздо дальше, и потому его приливное влияние составляет меньше половины приливного влияния Луны. Поэтому, когда эти два приливных действия направлены одинаково, получается особенно сильный прилив; когда они направлены в разные стороны, получается ослабленный прилив. Позже нам еще придется говорить о приливном влиянии Солнца.

Теперь перейдем к вопросу о приливном трении, имеющем для нас первостепенное значение. На рис. 14 изображена Земля, вытянутая по направлению к Луне, находящейся в M . Земля вращается вокруг своей оси. Если бы не было трения, приливная волна так и оставалась бы обращенною к Луне; но трение есть, и так как Земля вращается вокруг своей оси гораздо быстрее, чем Луна перемещается по своей орбите, то благодаря трению приливная волна будет увлекаться Землею в ее суточном вращении и, следовательно, окажется несколько впереди Луны, как это показано на чертеже; таким образом лунное притяжение будет через посредство приливной волны действовать задерживающим, тормозящим образом на земное вращение

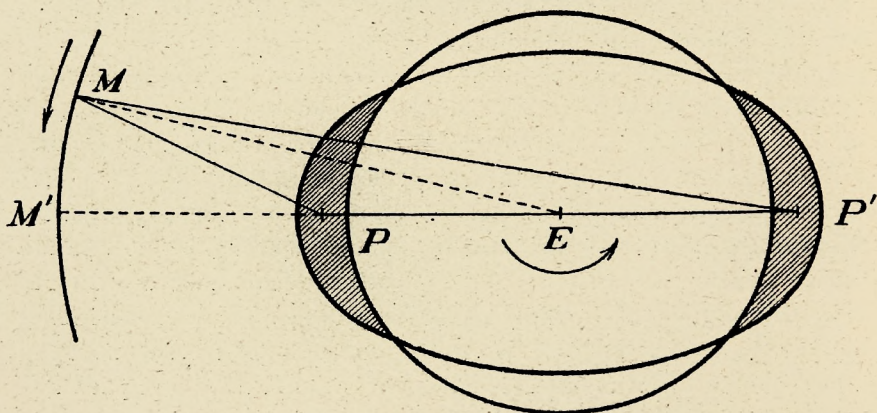


Рис. 13. Приливы, замедленные трением.

вокруг оси. Иными словами, благодаря приливам величина суток должна увеличиваться.

Взглянем еще раз на рис. 13. Луна находится в M и притягивает Землю, вызывая на ней выпуклости P и P' . Эти последние в свою очередь притягивают Луну, при чем выпуклость P сильнее, чем P' . Отсюда получается сила, придающая Луне движение вперед по стрелке и, следовательно, вызывающая увеличение расстояния от Земли до Луны. Таким образом следствием приливного трения будет удаление нашего спутника. Наконец укажем еще одно следствие: если между плоскостью экватора Земли и плоскостью лунной орбиты имеется хотя бы очень небольшой угол, этот угол будет возрастать. Нечего говорить, конечно, что и обратно, если на Луне когда-либо были

жидкие массы, способные испытывать приливы под действием Земли, скорость вращения Луны вокруг ее оси должна была уменьшаться, и лунные сутки увеличиваться.

Помня все эти сведения о приливах, взглянем назад, на прошлое Земли и Луны. Мы найдем, что отделявшее их расстояние было меньше, а земные и лунные сутки были короче, и, если мы сделаем очень простые предположения относительно вязкости Земли и Луны в огненно-жидком состоянии, мы можем проследить их взаимные отношения до очень отдаленного времени. Эта работа была сделана Дж. Дарвином, и вот что он получил.

В очень отдаленное от нашего время, когда и Земля и Луна были в огненно-жидком состоянии, Луна находилась гораздо ближе к Земле, а Земля гораздо быстрее вращалась вокруг своей оси; отодвигаясь еще дальше в даль времен, мы будем получать все более близкие расстояния и все более быстрые вращения. В конце концов мы найдем Луну почти прикасающуюся к Земле; ее обращение вокруг Земли происходит за несколько часов, и земные сутки также равны нескольким часам. Таким образом, если мы проследим назад, с точки зрения приливного трения, историю Земли и Луны, мы придем к выводу, что когда-то они составляли единое тело, в силу каких-то причин разорвавшееся на две части. После их разделения приливное трение заставило Луну отдалиться от Земли и вместе с тем замедляло их вращения вокруг их осей, пока Луна не стала показывать Земле только одной стороны в виде вечного свидетельства о родстве с нею. Время, необходимое для всех этих изменений, огромно: его нужно считать десятками миллионов лет. Сначала удаление Луны от Земли шло очень быстро, потом постепенно замедлялось и теперь происходит с крайней медленностью.

Посмотрим теперь, как могло произойти разделение одного тела на два, как единая огненно-жидкая масса, обращавшаяся вокруг Солнца, могла превратиться в два отдельных светила. Для этого нам нужно вернуться к опыту Плато, который показал нам, что при увеличении скорости вращения увеличивается сжатие у полюсов и вздутие у экватора. Возьмем огненно-жидкую или газовую массу, вращающуюся вокруг некоторой оси. Эта масса излучает энергию в пространство и, следовательно, охлаждается; охлаждаясь, она сокращается по объему и начинает

благодаря этому быстрее вращаться; быстрее вращаясь, она сжимается у полюсов и вздувается у экватора, и вот наступает, наконец, момент, когда она перестает быть устойчивой: здесь достаточно самого легкого толчка, чтобы наступило ее превращение. Откуда же приходит этот толчок? От Солнца, от солнечного прилива, благодаря которому в двух противоположных точках экватора образуются новые вздутия — приливные волны, из которых одна обращена и Солнцу, а другая ему противоположна. Вид массы перестает походить на шар хотя бы приблизительно. Масса начинает напоминать скорее уплощенное и вытянутое по направлению к Солнцу тело — так называемый эллипсоид.

Вытянутость этого эллипсоида должна при дальнейшем охлаждении увеличиваться, и, наконец, наступает снова момент, когда эллипсоид неустойчив, и достаточно пустяка, чтобы нарушить его равновесие и повлечь его коренное изменение. Этот толчок, конечно, придет или от Солнца или от других небесных тел, и тогда эллипсоид начнет перетягиваться вблизи от одного из концов, вздуться у другого конца и станет походить на грушу. А дальше эта груша разделится на две части, и дальнейшая их история нам известна: обе части будут возбуждать одна в другой приливные волны, и благодаря приливному трению расстояние между ними будет возрастать, они все более и более будут обособляться, пока не превратятся в Землю и Луну.

Можно ли заглянуть в будущее так же, как мы заглянули в прошлое, и сказать, что будет дальше с Землей и Луной? До известной степени можно, и Дж. Дарвин* попытался сделать и это. Вот выводы, к которым он пришел: „В настоящее время сутки прибывают гораздо быстрее месяца, и это положение сохранится и в будущем. Поэтому число земных суток, приходящихся на одно обращение Луны, уменьшается, или, другими словами, число суток в месяце убывает, хотя самый месяц становится длиннее, чем теперь. Например, когда сутки будут столь же продолжительными, как двое настоящих наших суток, месяц будет иметь длину наших 37 суток, и Земля в течение месяца сделает всего лишь около 18 оборотов вокруг своей оси. Это медленное изменение суток и месяца

* См. „Классические Космогонические Гипотезы“. Гиз. 1923, стр. 110

будет продолжаться непрерывно до тех пор, пока продолжительность одного оборота Земли не удлинится до 55 наших теперешних суток. К этому времени и месяц, или время обращения Луны вокруг Земли, будет также составлять 55 наших суток. Так как под месяцем мы должны понимать промежуток времени, в течение которого Луна возвращается к прежнему месту по отношению к звездам, и сутки нужно определять подобным же образом, то Луна должна тогда постоянно находиться против одного и того же места земной поверхности, и оба тела должны двигаться так, как если бы они были соединены твердой балкой. Приливное трение приводит к тому, что Луна и Земля будут обращаться так, как если бы они образовали одно единственное тело с временем вращения в 55 наших теперешних суток, при равной длине суток и месяца“.

Что же последует дальше? Если бы, кроме Земли и Луны, не было других небесных тел, дело оставалось бы в таком положении неопределенно долго. Но другие небесные тела будут оказывать нарушающее действие, и прежде всего Солнце. Если только на Земле сохраняются океаны, то действие солнечных приливов выразится в дальнейшем увеличении суток, а следовательно, в возобновлении действия, на этот раз крайне медленного, лунных приливов. Расстояние между Землей и Луной начнет уменьшаться, и повидимому это уменьшение будет продолжаться до тех пор, пока Луна не упадет на Землю. Тогда наступит конец Земли и конец Луны, а может быть, это будет опять началом...

У Гейне есть чудесное стихотворение: на берегу моря сидит жаждущий знания юноша, смотрит на набегающие волны и задает им тысячу вопросов, вечно привлекавших человеческого ум; но волны безмолвны, „и дурак ждет ответа“. Мы видим, напротив, что тому, кто умеет слушать и понимать язык волн, они могут рассказать много неожиданного.

III. СОЛНЕЧНЫЙ МИР: ПЛАНЕТЫ.

До сих пор мы еще оставались в ближайших окрестностях нашей Земли. Теперь нам предстоит сделать большой прыжок в пространство, чтобы изучить солнечный мир, солнечную семью, члены которой, как и Земля, зависят от Солнца и от него получают тепло и свет. Эти небесные тела задолго до возникновения науки были известны человеку благодаря их быстрому перемещению по небу среди других звезд, взаимные положения которых не менялись заметным образом. Ввиду этого перемещающиеся светила получили название *планет* в отличие от *неподвижных звезд*. Уже почти в наше время, в XVIII веке, было обнаружено, что и так называемые неподвижные звезды перемещаются, но в отличие от планет их перемещения происходят крайне медленно. Точно также и расстояния неподвижных звезд от нас оказались неизмеримо больше, чем расстояния планет, что и естественно, так как планеты являются членами солнечной семьи, спутниками Солнца, а звезды — самостоятельными солнцами.

Чтобы получить представление о размерах солнечного мира и о расстояниях и величинах планет, примем, что один сантиметр представляет собою 10.000 километров. Земля изобразится шариком размером с вишню, с поперечником приблизительно 12—13 миллиметров; на расстоянии 38 сантиметров, т.е. немного больше полуаршина, будет находиться горошинка — Луна с поперечником около 4 миллиметров. На расстоянии около 149 метров будет находиться Солнце — огромный шар с поперечником в 139 сантиметров; для него трудно подыскать в растительном мире подходящее изображение, — быть может, огром-

ная тыква. Мы видим, как велико расстояние Солнца по сравнению с расстоянием Луны. Между Землею и Солнцем обра-

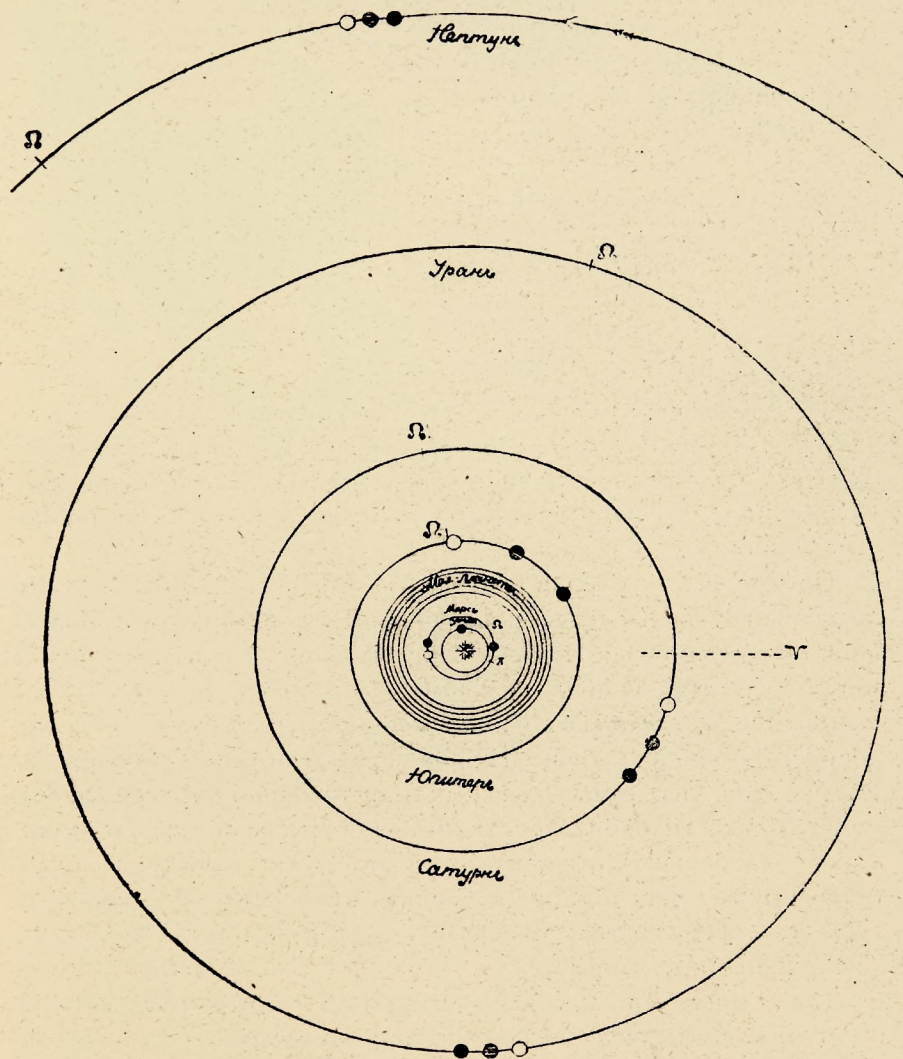


Рис. 14. План солнечного мира.

щаются вокруг Солнца две планеты Меркурий и Венера. В нашем изображении это будут ягоды черной смородины (Меркурий), поперечником около 5 миллиметров, на расстоянии 58 ме-

тров от тыквы (Солнца), и вишни (Венера) — несколько меньшего размера, чем Земля, на расстоянии 108 метров от тыквы. Дальше от Солнца, чем Земля, будут расположены Марс, который изобразится красной смородиной (около 7 миллиметров), на расстоянии 228 метров, Юпитер — апельсин, поперечником в 14,2 сантиметра, — на расстоянии 778 метров, Сатурн — лимон, поперечником в 12 сантиметров, — на расстоянии 1 километра 428 метров, Уран — слива, поперечником в 5,1 сантиметра, — на расстоянии 2 километров 873 метров, и Нептун — персик, поперечником в 5,4 сантиметра, — на расстоянии 4,5 километра от изображающей Солнце тыквы. Между Марсом и Юпитером нужно представить себе свыше тысячи песчинок, разбросанных на разных расстояниях от Солнца; это будут так называемые малые планеты, или астероиды.

Каждая из планет обращается вокруг Солнца по некоторому пути, называемому *орбитой*. Изучение свойств орбит является одним из важнейших отделов астрономии. К сожалению, мы лишены возможности дать сколько-нибудь подробное изложение этого вопроса и должны ограничиться несколькими замечаниями.

Прежде всего, каждая из орбит является плоской или почти плоской; во всяком случае изменения положения этих плоскостей происходят так медленно, что в первом приближении мы можем считать орбиты плоскими. Плоскость земной орбиты называется *эклиптикой*, и положения других орбит обыкновенно относятся к ней. И вот при этом сразу обнаруживается одна из самых важных закономерностей солнечного мира: плоскости орбит других планет почти совпадают с эклиптикой; наибольшее отклонение имеет орбита Меркурия, и оно не превышает 7° . Поэтому в первом приближении можно считать, что все планеты находятся в одной и той же плоскости (см. рис. 14).

Посмотрим теперь, по каким кривым они движутся. Круг, как самая совершенная кривая, долгое время считался единственно достойным путем для небесных тел. Так было до начала XVII века, когда великий Кеплер установил законы планетных движений. Он прежде всего убедился, что круг не подходит, и при поисках других кривых остановился на *эллипсисе*, хорошо известном еще древним геометрам. Основное свойство круга всем хорошо известно: все его точки находятся на

равном расстоянии от одной срединной точки — центра. Эллипсис определяется при посредстве двух точек — фокусов, при чем сумма расстояний любой из его точек от фокусов не меняется, какую бы точку на эллипсисе мы ни взяли. Отсюда получается очень легкий способ построения эллипсиса: в фокусы втыкаются булавки, берется нитка, один конец которой привязывается к одному из фокусов, другой конец — к другому фокусу; нитка натягивается карандашом (см. рис. 15, точка M), и при натянутом положении нитки кончик карандаша вычерчивает эллипсис. Когда фокусы совпадают, мы имеем круг, когда фокусы отдаляются, эллипсис становится все более и более вытянутым. Проведем через фокусы прямую линию. Она пересечется с эллипсисом в двух точках A и A' . Длина отрезка AA' , как легко убедиться, равна длине нити. Она носит название *большой оси* эллипсиса. Середина этого отрезка O называется *центром эллипсиса*; расстояние любого из фокусов от центра называется *фокусным расстоянием*. Легко видеть, что чем больше фокусное расстояние по отношению к большой полуоси, тем эллипсис вытянутее, и наоборот; поэтому, как

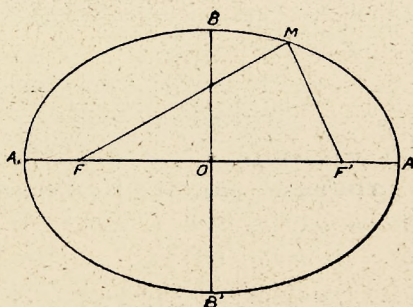
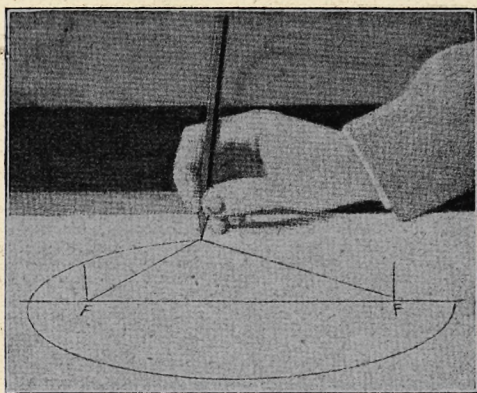


Рис. 15. Эллипсис,

мера вытянутости эллипсиса, берется частное от деления фокусного расстояния на большую полуось. Это частное называется *эксцентриситетом*. При попытках сравнения эллипсиса с орбитами планет Кеплер убедился, что эллипсис вполне подходит, если предположить, что Солнце находится в одном из фокусов эллипсиса. Так был открыт первый из законов движений планет.

Первый закон Кеплера: все планеты описывают вокруг Солнца эллипсы, при чем Солнце находится в одном из фокусов их.

Продолжая изучать движение планет, Кеплер обратил внимание на то, что чем планета ближе к Солнцу, тем она быстрее движется, и чем дальше от Солнца, тем медленнее она движется. После многих неудачных попыток найти простую зависимость между скоростью и расстоянием планеты от Солнца Кеплер обратил внимание на площади, которые получаются (рис. 16), если мы соединим прямыми линиями два положения планеты с Солнцем. Эти прямые линии называются *радиусами-векторами*.

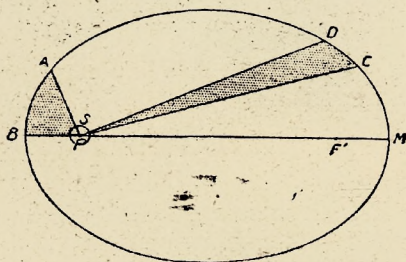


Рис. 16. Закон площадей.

Оказалось, что: площади, описываемые в равные времена радиусом-вектором, идущим от Солнца к планете, равны между собою. **(Второй закон Кеплера.)**

Иными словами (см. рис. 16), если планета проходит путь *AB* за то же

время, за какое и путь *CD*, то две заштрихованные площади равны между собою.

Далее, Кеплер стал искать закономерностей расстояний и времен обращений планет. После очень долгих поисков ему удалось найти

третий закон Кеплера: отношение квадратов времен обращений планет к кубам больших осей их орбит есть величина постоянная.

Третий закон Кеплера несколько труднее, чем два предыдущие, и в пояснение его я дам пример. Возьмем три планеты — Землю, Марс и Юпитер. Земля обращается вокруг Солнца за один год; длину ее большой оси возьмем как единицу; Марс обращается вокруг Солнца за 1,88 года, и его большая ось равна 1,524 земных больших осей; Юпитер обращается вокруг Солнца за 11,86 лет, и его большая ось равна 5,2 земных больших осей. Вычислим сначала квадраты времен обращения. Мы имеем: квадрат времени обращения для Земли равен $1 \times 1 = 1$, для Марса $1,88 \times 1,88 = 3,53$, для Юпитера $11,86 \times 11,86 = 140,66$. Теперь образуем кубы больших осей: куб

числа — это значит число, помноженное само на себя дважды. Имеем: для Земли $1 \times 1 \times 1 = 1$, для Марса $1,524 \times 1,524 \times 1,524 = 3,54$, для Юпитера $5,2 \times 5,2 \times 5,2 = 140,61$. Теперь делим квадраты времен обращения на кубы больших осей. Мы получим:

$$\begin{aligned} \text{для Земли } \frac{1^2}{1^3} &= \frac{1}{1} = 1, \\ \text{для Марса } \frac{1,88^2}{1,524^3} &= \frac{3,53}{3,54} \approx 1, \\ \text{для Юпитера } \frac{11,86^2}{5,2^3} &= \frac{140,66}{140,61} \approx 1 \end{aligned}$$

с достаточной точностью при наших грубых подсчетах. Через столетие после Кеплера великий Ньютон нашел закон всемирного тяготения, о котором мы уже говорили, и показал, что из него вытекают все три закона Кеплера.

Мы уже говорили, что орбиты планет лежат почти в одной плоскости. Замечательно, что их эксцентриситеты очень малы, т. е. фокусы лежат недалеко от центра, и, следовательно, эти эллипсисы напоминают круги. Наиболее вытянутой является орбита Меркурия, этой ближайшей к Солнцу планеты, но даже для него эксцентриситет равен приблизительно 0,2.

Прежде чем переходить к изучению других особенностей солнечного мира, укажем еще одно важное свойство планетных орбит — эллипсисов: планета за одно обращение бывает один раз на наименьшем расстоянии от Солнца и один раз на наибольшем. Наименьшее расстояние бывает в конце большой оси A (рис. 15), если Солнце лежит в фокусе F_1 ; это положение называется *перигелий*; наибольшее расстояние тогда будет в точке A_1 — другом конце большой оси; эта точка называется *афелий*.

Этим не исчерпываются закономерности солнечного мира.

Так, замечательно распределение планет по величине: четыре ближайших к Солнцу планеты — Меркурий, Венера, Земля, Марс — сравнительно малы; четыре более далеких планеты — Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун — сравнительно с первыми очень велики; а между теми и другими, между орбитами Марса и Юпитера, расположен пояс малых планет, состоящий из очень многих — их сейчас известно около тысячи — и очень малых небесных тел, из которых самое большое — Веста — имеет по-

перечник, не превышающий 800 километров. Таким образом солнечный мир распадается на три кольца:

пояс внутренних планет,
пояс малых планет,
пояс больших планет.

Каждый из этих поясов обладает многими своеобразными особенностями.

Возьмем, например, плотность планет. Внутренние планеты обладают очень большой плотностью: плотность Меркурия равна 6,2; Венеры — 5; Земли — 5,5; Марса — 3,8. Наоборот, внешние большие планеты обладают очень малой плотностью: Юпитер — 1,36, Сатурн — 0,7, Уран — 1,3 и Нептун — 1,2, т.е. плотность

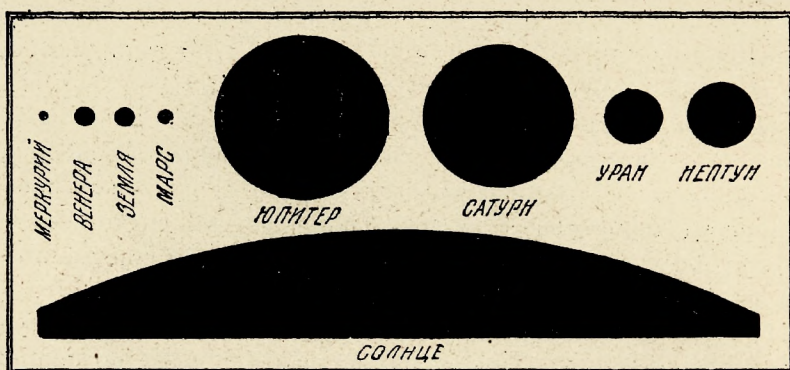


Рис. 17. Сравнительные размеры планет.

их очень близка к плотности воды, а плотность Сатурна даже несколько меньше.

Не менее замечательна закономерность продолжительностей вращения планет вокруг их осей. Точная продолжительность вращения Меркурия и Венеры неизвестна; во всяком случае она не меньше земных суток; продолжительность вращения Земли мы знаем; Марс вращается вокруг своей оси за время удивительно близкое к земным суткам — 24 ч. 37 м. Совершенно иное мы имеем для больших планет: Юпитер вращается за 9 ч. 50 м., Сатурн за 10 ч. 14 м., Уран за 11 ч.; точная продолжительность вращения Нептуна неизвестна, но можно предполагать, что она такого же порядка, как и других больших планет.

И, наконец, чрезвычайно важной закономерности подчинены

расстояния планет от Солнца. Вот в чём она состоит. Примем расстояние от Земли до Солнца равным единице; тогда расстояния других планет выразятся числами:

Меркурий — 0,4; Венера — 0,7; Земля — 1,0; Марс — 1,6; Юпитер — 5,2; Сатурн — 10,0.

Других планет мы пока не вводим, так как во время открытия закона они еще не были известны. Возьмем теперь такую последовательность чисел:

0; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8; 9,6; 19,2, из которых каждое получается через удвоение предыдущего. В 1741 году Вольф обратил внимание на то, что если мы к каждому из этих чисел прибавим по 0,4, мы получим 0,4; 0,7; 1,0; 1,6; 2,8; 5,2; 10,0; 19,6, и что сравнение с таблицей расстояний планет показывает, что эти числа, за исключением 2,8 и 19,6, выражают достаточно точно расстояние планет от Солнца. Это открытие Вольфа, основывавшееся исключительно на действиях над числами и не опиравшееся ни на какой закон механики или физики, было забыто, и только в 1772 году астроном Тициус и в 1778 г. астроном Боде снова обратили внимание на эти числовые соотношения. Однако отсутствие у закона каких-либо механических оснований заставило всех видеть в нем только числовое совпадение, чисто случайное и не имеющее значения. Поэтому велико было удивление, когда открытая в 1781 году Вильямом Гершелем планета Уран оказалась лежащей на расстоянии, соответствовавшем числу 19,6, указанному законом Вольфа—Тициуса—Боде. Это заставило отнестись со вниманием к промежутку между Марсом и Юпитером, соответствующему числу 2,8. Споры о том, существует ли в этом промежутке новая планета, и поиски ее длились довольно долго. В 1801 году знаменитый философ Гегель напечатал работу „Об орбитах планет“, где доказывал, что между Марсом и Юпитером не может существовать новых планет. Одновременно, 1 января 1801 года, итальянский астроном Пиацци открыл новую планету, названную им Церерой. Расстояние этой планеты от Солнца почти точно соответствовало числу 2,8. Впоследствии было открыто около тысячи малых планет, находящихся между Марсом и Юпитером; их среднее расстояние от Солнца довольно близко к 2,8, если расстояние от Земли до Солнца выразим единицей. Такой блестящий успех закона Вольфа—Тициуса—Боде заставил впо-

следствии Леверрье предположить, что планета, находящаяся дальше Урана и влияющая на движение Урана, лежит на расстоянии 38,7; однако это не подтвердилось, и новая планета, названная впоследствии Нептуном, была найдена на расстоянии 30,1 от Солнца. Таким образом самая дальняя планета в солнечном мире не удовлетворяет закону Вольфа — Тициуса — Боде. Тем не менее сам закон имеет значение и может быть объяснен, вернее, может дать указание на некоторые особенности развития солнечного мира.

После этих общих соображений и сведений о строении солнечного мира займемся изучением по отдельности образующих его тел, стараясь везде выделить указания на их происхождение и развитие.

Меркурий — планета наиболее близкая к Солнцу, вокруг которого она движется с очень большой скоростью, делая полный оборот за 88 суток. Находясь к Солнцу значительно ближе Земли, он виден для нас то в качестве утренней то в качестве вечерней звезды. Наблюдать его чрезвычайно трудно, и потому знаем мы о нем очень мало. Мы даже не знаем, за сколько времени Меркурий оборачивается вокруг своей оси, не знаем, каков наклон этой оси к плоскости орбиты Меркурия. Устройство поверхности его нам неизвестно. Значительная плотность его (6,2) как будто показывает, что это тело вполне отвердевшее, как Земля. Что касается воды и воздуха, их присутствие на Меркурии подозревалось многими наблюдателями, но малый объем и малая масса планеты позволяют скорее предположить, что на Меркурии, как и на Луне, газы и жидкости уже давно улетучились. По мнению Скиапарелли, Меркурий вечно обращен к Солнцу одной стороной, как Луна к Земле. Если это так, то на полушарии, обращенном к Солнцу — вечный день и вечный зной, на другом — вечная ночь и вечный холод. При таких условиях вряд ли на Меркурии возможна какая-либо жизнь, хотя быть может умеренный климат существует на границе обоих полушарий, где Солнце стоит низко. Представим себе, наоборот, что правы Шретер и Деннинг, предполагавшие, что Меркурий вращается вокруг своей оси за 24 часа. При близости Меркурия к Солнцу и при очень плотной атмосфере мы будем иметь мир с чрезвычайно сильными воздушными течениями, частыми грозами и в общем равномерным климатом. Этот мир, естественно, будет очень сильно отли-

чаться от того, в котором мы живем, но это не будет значить, что жизнь на нем невозможна.

Венера по размерам, по плотности очень напоминает Землю, но лежит ближе к Солнцу и потому обегает вокруг него за более короткое время — за 225 дней. Нам Венера бывает видна в виде очень яркой вечерней или утренней звезды, но наблюдать ее нелегко, и потому, несмотря на ее сравнительную близость к нам, мы знаем ее довольно плохо. До сих пор не удалось увидеть никаких устойчивых пятен на ее поверхности, и потому нам неизвестна ни продолжительность суток на Венере ни положение ее полюсов вращения. Скиапарелли предположил, что и Венера вечно обращена к Солнцу одною и тою же стороною, но с этим вряд ли можно согласиться. Наблюдения обнаружили на Венере существование плотной и высокой атмосферы, повидимому равномерно покрывающей всю планету; между тем, если бы Скиапарелли был прав, освещенная сторона была бы совершенно лишена воздуха и влаги. Таким образом нужно допустить, что сутки Венеры значительно меньше 225 дней и, быть-может, даже близки к земным суткам.

Необычайная яркость Венеры, заставляющая предполагать очень высокую способность отражения, отсутствие определенных и устойчивых очертаний на ее поверхности, — все это наводит на мысль, что вместо поверхности мы видим лишь густой слой облаков, постоянно скрывающих от нас лицо планеты. Возможно, что эти облака плавают на очень большой высоте и что только вершины высочайших гор находятся выше. Тогда облачный покров умеряет действие солнечного тепла; на всей Венере от экватора до полюсов господствует один и тот же сырой и теплый климат; только наши тропические леса могут дать представление об этих жизненных условиях, неблагоприятных для человеческой жизни, но при которых чудовищные виды растительного и животного мира должны чувствовать себя хорошо. Легко себе представить, какие там сумрачные дни и темные ночи, не освещаемые, как у нас, никаким спутником. Таким образом мы приходим к выводу, что Венера является более молодым миром, чем Земля. Вероятно подобные условия на Земле были десятки миллионов лет тому назад.

Мы подходим к изучению планеты, которая за последнее время наиболее занимает собою умы ученых и широкой публики. *Марс* — наш сосед, как и Венера, хотя лежит несколько

Таблица 1. Солнечный Мир.

	Меркурий.	Венера.	Земля.	Марс.	Малые планеты.	Юпитер.	Сатурн.	Уран.	Нептун.
Расстояние от Солнца, если земное расстояние принимается за единицу	0,387	0,723	1,000	1,524	от 1,5 до 5,2	5,203	9,555	19,22	30,11
Расстояние от Солнца в миллионах километров	58	108	149	228	—	778	1,428	2,873	4,501
Продолжительность обращения вокруг Солнца	88 дней	225 дн.	1 год	687 дн.	от 2 лет до 12 лет	12 лет	29½ лет	84 года	165 лет
Экваториальный поперечник в километрах	4.700	12.300	12.756	6.900	не больше 400	142.000	120.000	50.700	54.400
Экваториальный поперечник, если земной поперечник принят за 1	0,37	0,97	1,00	0,54	—	11,14	9,4	4,0	4,3
Плотность, принимая плотность воды за 1	6,2	5,0	5,5	3,8	—	1,36	0,7	1,3	1,2
Масса, принимая массу Земли за 1 . .	0,06	0,82	1,00	0,11	—	318	95	14,6	17,3
Объем, принимая объем Земли за 1 . .	0,05	0,90	1,00	0,157	—	1.295	745	63	78
Продолжительность вращения	—	—	23 ч. 56 м.	24 ч. 37 м.	—	9 ч. 50 м.	10 ч. 14 м.	11 ч.	—
Мера сжатия	—	—	1/298	1/200	—	1/17	1/10	—	—
Сила тяжести на экваторе, принимая силу тяжести на земном экваторе за 1	0,41	0,88	1,00	0,37	—	2,53	1,06	0,92	0,95
Атмосфера	—	обширная и плотная	обширная и плотная	имеется	—	обширная	обширная	обширная	обширная
Вода	—	имеется	имеется	имеется	—	—	—	—	—
Состояние поверхности	в значит.	мере на по	минает	Землю.	—	в значительной мере на поминает	Солнце		
Число спутников	0	0	1	2	—	9	10	4	1
Эксцентриситет	0,206	0,007	0,017	0,093	—	0,048	0,056	0,046	0,009

дальше, чем последняя, и временами отходит от нас очень далеко, но известен нам лучше. Мы знаем, что год на Марсе длится почти вдвое дольше, чем на Земле, а именно 687 дней; сутки на Марсе почти равны земным, ось вращения его наклонена к плоскости его орбиты почти на тот же угол, как и земная. Это двойное совпадение интересно само по себе и по всей вероятности не случайно; из него вытекают одинаковые климатические условия на Земле и на Марсе. Конечно, мы при этом делаем несколько существенных предположений: мы допускаем: 1) что Марс имеет атмосферу, напоминающую по своему составу и по своим свойствам земную, 2) что разница в силе солнечного освещения между Землей и Марсом не имеет большого значения. При этих предположениях у нас является естественное желание все происходящее на Марсе объяснять по сходству с Землей, и нужно сказать, что для этого есть большие основания.



Рис. 18. Изменение размеров южного полярного пятна на Марсе.

Взглянем на рис 18, на котором дано два изображения Марса. Мы видим темные пятна — „моря“, красноватые пятна — „материки“ и ярко белое полярное пятно, близко напоминающее земные полярные пятна. Мы знаем, что с наступлением лета земные полярные пятна благодаря таянию значительно сокращаются. Совершенно то же самое мы имеем на Марсе: рис. 18

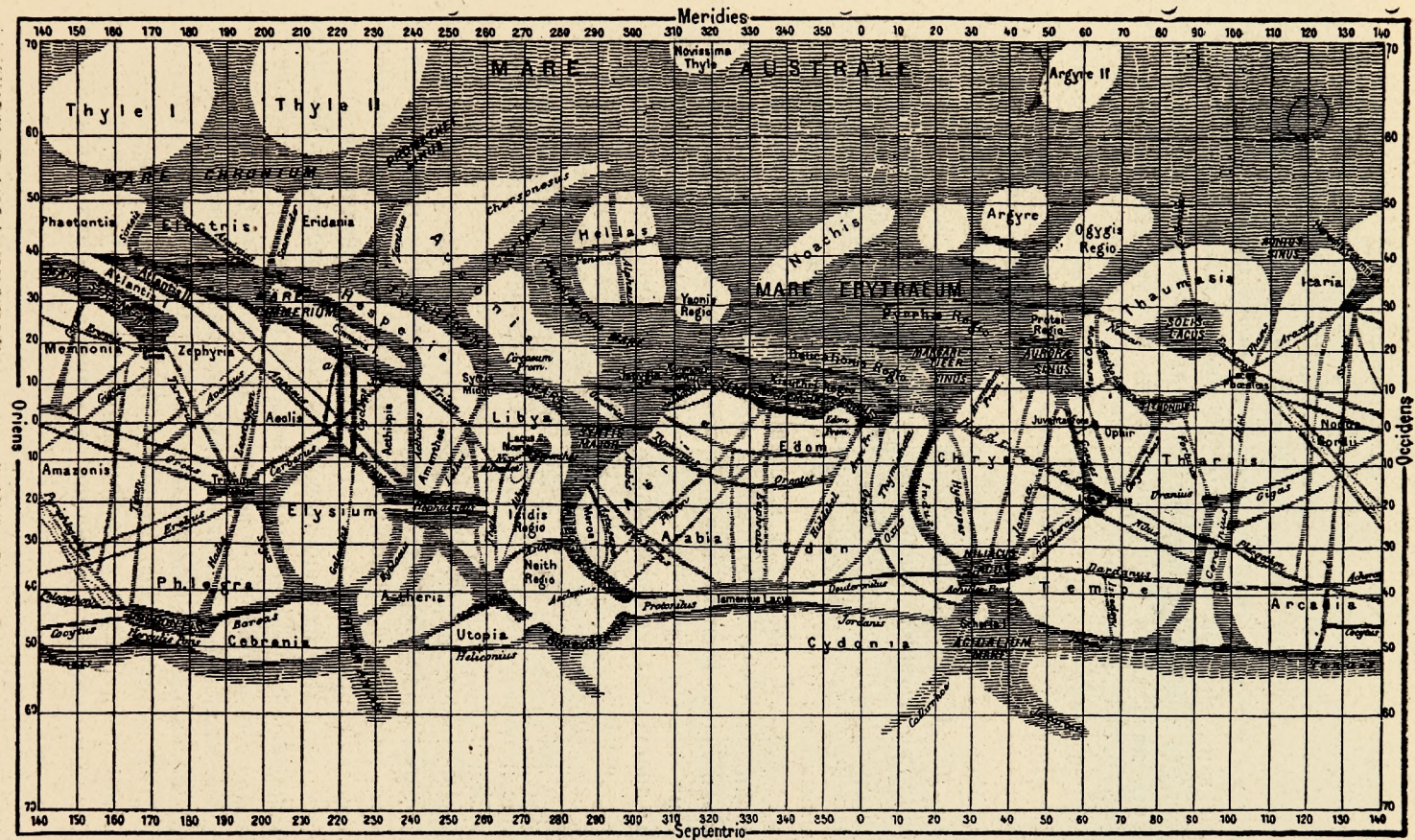


Рис. 19. Карта Марса.

показывает, что южное полярное пятно на Марсе, бывшее в начале лета довольно большим, к середине лета уменьшилось.

Точно так же и пятна на Марсе в зависимости от времени года меняют свою окраску. Иногда очертания становятся неясными и туманными, как бы указывая на облачное состояние или запыленность атмосферы. Незаметно для себя мы употребили это слово, и действительно, вся совокупность наблюдений Марса доказывает существование на нем атмосферы. Повидимому иногда на Марсе бывают снежные и песчаные бури: по крайней мере многие наблюдения можно истолковать только таким образом. Выпавший снег местами исчезает быстро, местами же остается лежать, что можно объяснить существованием на Марсе горных областей, не таких высоких, как на Земле или на Луне, но, быть может, достаточных для образования ледников. Нужно, однако, думать, что атмосфера на Марсе не так плотна и высока, как земная, и что количество водяного пара в ней не так значительно. Не имея о ней достаточных данных, мы не можем сказать, каковы климатические условия на Марсе, какова летняя и зимняя температура, какова степень влажности, часто ли выпадают дожди,—словом, нам трудно сказать, в какой степени поверхность Марса годится для существования живых существ, сколько-нибудь напоминающих земные. Мы знаем, что на Земле живые существа оказываются в состоянии выдерживать самые разнообразные и самые тяжелые жизненные условия. Таким образом мы не в праве заранее утверждать, что на Марсе жизнь невозможна только потому, что Марс в полтора раза дальше от Солнца, чем Земля, и Солнце светит на Марсе в $2\frac{1}{4}$ раза слабее, чем на Земле; ведь год на Марсе вдвое длиннее, и времена года тоже вдвое длиннее, чем на Земле; поэтому слабое летнее Солнце там греет не три, а шесть месяцев, а мы по примеру наших полярных стран знаем, какое значение в жизни животных и растений имеет непрерывность и продолжительность хотя бы слабого нагревания. Мы знаем также, какое значение имеют водяной пар и углекислота, находящиеся в земной атмосфере; но даже, если бы было доказано, что в атмосфере Марса их мало, это все-таки не значило бы, что жизнь на нем невозможна.

Этот вопрос важен именно по отношению к Марсу, так как на нем были найдены крайне загадочные образования, так называемые каналы, истинное значение которых до сих пор

не установлено. Знаменитый итальянский астроном Скиапарелли, о работах которого мы уже говорили, в 1879 году указал на существование на Марсе длинных, тонких, темных, почти прямых линий. Эти „каналы“ тянутся на большие расстояния, иногда до 4.000—5.000 километров. Там, где пересекаются два или несколько „каналов“, образуется темное пятно — „озеро“. Некоторые из „каналов“ являются как бы двойными, тянущимися рядом до впадения в общее „озеро“. Внимательное наблюдение показало впоследствии, что многие каналы тянутся и через темные пятна, так называемые моря. Однако впоследствии правильность наблюдений Скиапарелли была взята под сомнение: в то время как одни наблюдатели, пользуясь слабыми трубами, видели на Марсе бесчисленные каналы, другие не видели ничего, хотя наблюдения велись при помощи сильнейших телескопов, или видели вереницы пятнышек. Чтобы понять, как много воображения вносится в рисунки даже добросовестными и искусными наблюдателями, достаточно взглянуть на рис. 20, где одна и та же местность на Марсе

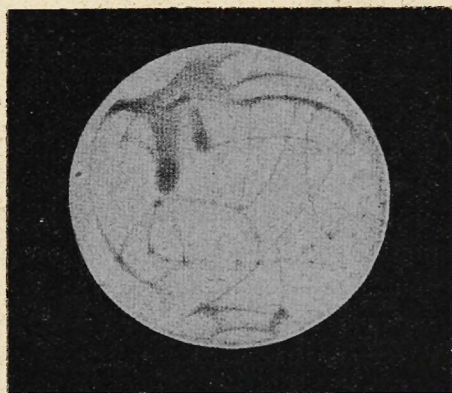
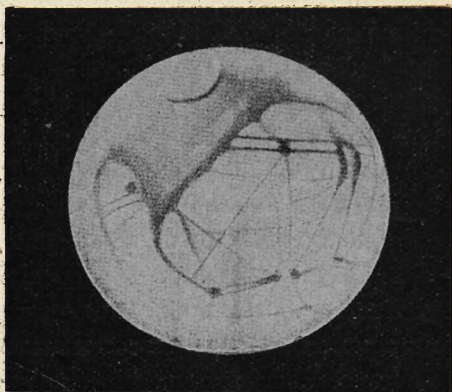


Рис. 20. Каналы по наблюдениям Скиапарелли и Маджини.

дается в изображении Скиапарелли и Маджини. Разница — поразительная; и потому во избежание недоразумений следовало бы пользоваться исключительно фотографиями, но Марс очень трудно фотографировать, и благодаря своей мелкости и расплывчатости многие подробности совершенно не выходят на снимках. Однако, когда некоторые каналы вышли на снимках, противники их начали оспаривать точность фотографической

пластинки. Этот спор продолжается и до сих пор. Чтобы дать о нем представление, мы изложим две противоположные точки зрения относительно Марса. Первая из них принадлежит американскому астроному Лоуеллю, много лет наблюдавшему Марс.

По Лоуеллю, красноватые пятна на поверхности Марса — пустыни, темные пятна — низменности, где еще сохранилась некоторая влажность. Марс — уже стареющий мир, почти потерявший воду, но еще сохранивший атмосферу, могущую поддерживать жизнь. Что же из себя представляют каналы? Это — оросительная сеть для поддержания жизни среди огромных пустынь, сеть, напоминающая наш Туркестан. По всей поверхности Марса проведены огромные каналы, от которых сеть более мелких каналов, канав и труб разносит воду и жизнь по окрестностям. Поэтому ближайшие окрестности больших каналов покрыты растительностью и для наблюдателя сверху должны представляться широкой темной полосой на желтовато-красном поле; и вот, по мнению Лоуелля, земные астрономы как-раз эти полосы называют каналами, тогда как собственно каналы не видны. Откуда же в этих оросительных каналах берется вода? Лоуелль доказывает, что вода идет с полюсов, от таяния полярных снегов и льдов. Когда начинается весна, и полярные снега тают, окружающие места темнеют, темнеют и находящиеся там каналы, и это потемнение их распространяется постепенно от полюсов к экватору. Но какая сила может гнать воду на такие огромные расстояния? Конечно, отвечает Лоуелль, сила разумной человеческой деятельности, сила машин. Вся сложная сеть оросительных каналов — дело рук марсианского человечества, гораздо более развитого и объединенного, чем земное. Вряд ли такие величественные сооружения могли бы быть выполнены при существовании государств и классов. Только объединенные силы всего человечества могли их возвести и поддерживать.

Как и Лоуелль, Аррениус считает Марс состаревшимся миром; только, по его мнению, старость Марса гораздо более глубокая, и атмосфера Марса разрежена и не содержит ни водяного пара ни углекислоты. Поэтому температура на Марсе даже летом ниже нуля, а в среднем на несколько десятков градусов ниже нуля. Это — мир льда и смерти. И „каналы“ представляют из себя просто трещины, подобные земным сбросовым трещинам. Марсианское человечество и его огромные работы — просто выдумка разгоряченного воображения.

Между этими двумя крайними точками зрения имеется много промежуточных. Кто прав, решит будущее. Если же выбирать между ними с точки зрения чувства, то для автора данной книги предпочтительнее и убедительнее Лоуелль, чем Аррениус*.

Прежде, чем покидать этот привлекательный и загадочный мир, скажем два слова об его лунах. У Марса имеется два спутника, Фобос и Деймос, что значит страх и ужас, замечательные во многих отношениях. Прежде всего они очень малы. Поперечник Фобоса — 10 километров, поперечник Деймоса — 12 километров. Таким образом они во много раз меньше нашей Луны. Затем они чрезвычайно близки к Марсу. Фобос отстоит от него всего на 9.315 километров, а от самой поверхности еще ближе — на 5.865 километров, т.-е. ближе, чем от Москвы Верхнеудинск и Чита. Соответственно близости расстояния он обегает вокруг Марса чрезвычайно быстро, всего за 7 ч. 49 м. Таким образом для марсиан Фобос восходит на западе и заходит на востоке. Деймос лежит несколько дальше — на расстоянии 23 тысяч километров от центра Марса — и обращается вокруг него за 30 ч. 17 м. Какая разница между этими маленькими и быстрыми спутниками и нашей тяжелой и медлительной Луной! Если только разумное человечество на Марсе не сказка, вероятно, оно уже давно овладело своими лунами.

Мы рассмотрели по отдельности планеты внутреннего пояса солнечного мира. При всем их разнообразии в них все-таки много сходства. Мы видели, что если Землю считать планетой в зрелом возрасте, то Венера олицетворяет собою юность, а Марс старость. Относительно Меркурия трудно что-либо сказать: его изучение — дело будущего. Луна, младшая сестра, но отнюдь не дочь Земли, представляет из себя мертвый мир. Мы видели, что причина этой смерти — слишком малая масса Луны, благодаря чему лунная атмосфера не могла удержаться и улетучилась в пространство. Мы видели, что есть опасения этого рода как

* В недавнее время для загадки Марса было предложено еще одно объяснение: Кюль обратил внимание на то, что при разных условиях границы между различно окрашенными частями одной и той же поверхности могут представляться глазу то простыми то двойными темными линиями; таким образом, по Кюлю, каналы на Марсе есть просто оптическая иллюзия, объясняемая различной окраской его поверхности. Если физические и физиологические предпосылки работы Кюля верны, то загадка каналов Марса разрешается полностью.

по поводу Меркурия, так и по поводу Марса. Изучая происхождение Земли и Луны, мы ознакомились с силою приливов как с мировую силою, имеющей огромное влияние на судьбу небесных тел, и уже дважды по поводу длины суток на Меркурии и Венере — нам приходилось говорить об этой силе. Наконец, мы встретились еще с одним мировым деятелем — метеоритами, падающими звездами, падающими камнями, и на примере Луны убедились в его значении. Теперь нам предстоит ознакомиться с другими телами солнечного мира и, прежде всего, с поясом малых планет — астероидов, обращающихся вокруг Солнца между орбитами Марса и Юпитера. Мы уже говорили, что это очень мелкие тела, которые почти не поддаются прямому измерению. Крупнейшие из них имеют поперечник не больше 700—800 километров. Наиболее мелкие из известных нам 1.000 астероидов не превышают 10 километров и, вероятно, есть значительно меньшие. Внешний вид их, повидимому, не всегда шарообразен, и можно думать, что некоторые имеют совершенно неправильное строение. Атмосферы на астероидах вряд ли возможны.

Распределение и расположение орбит астероидов весьма загадочны. В то время как орбиты всех других планет все лежат почти в одной плоскости, орбиты многих астероидов образуют с эклипкой большие углы, и, например, для большинства астероидов этот угол превышает 8° , и по меньшей мере для сотни он больше 15° . Затем эти орбиты гораздо меньше походят на круги, чем орбиты других планет. Орбиты некоторых астероидов по вытянутости напоминают орбиты комет, с которыми мы познакомимся дальше, и, быть может, некоторые кометы принадлежат к астероидам.

Чрезвычайно любопытно распределение малых планет по расстояниям. Среди них имеются такие, как Эрос, орбита которого в среднем ближе к земной орбите, чем орбита Марса. С другой стороны, есть такие, как Приам, лежащий немного дальше Юпитера. Таким образом кольцо астероидов слегка захватывает орбиты Марса и Юпитера, однако, в этом кольце астероиды распределены неравномерно. Есть расстояния, на которых астероиды совсем отсутствуют; наоборот, есть расстояния, на которых вращается очень большое количество их. Такая неравномерность объяснялась раньше тем, что на некоторых расстояниях нарушающее действие Юпитера особенно

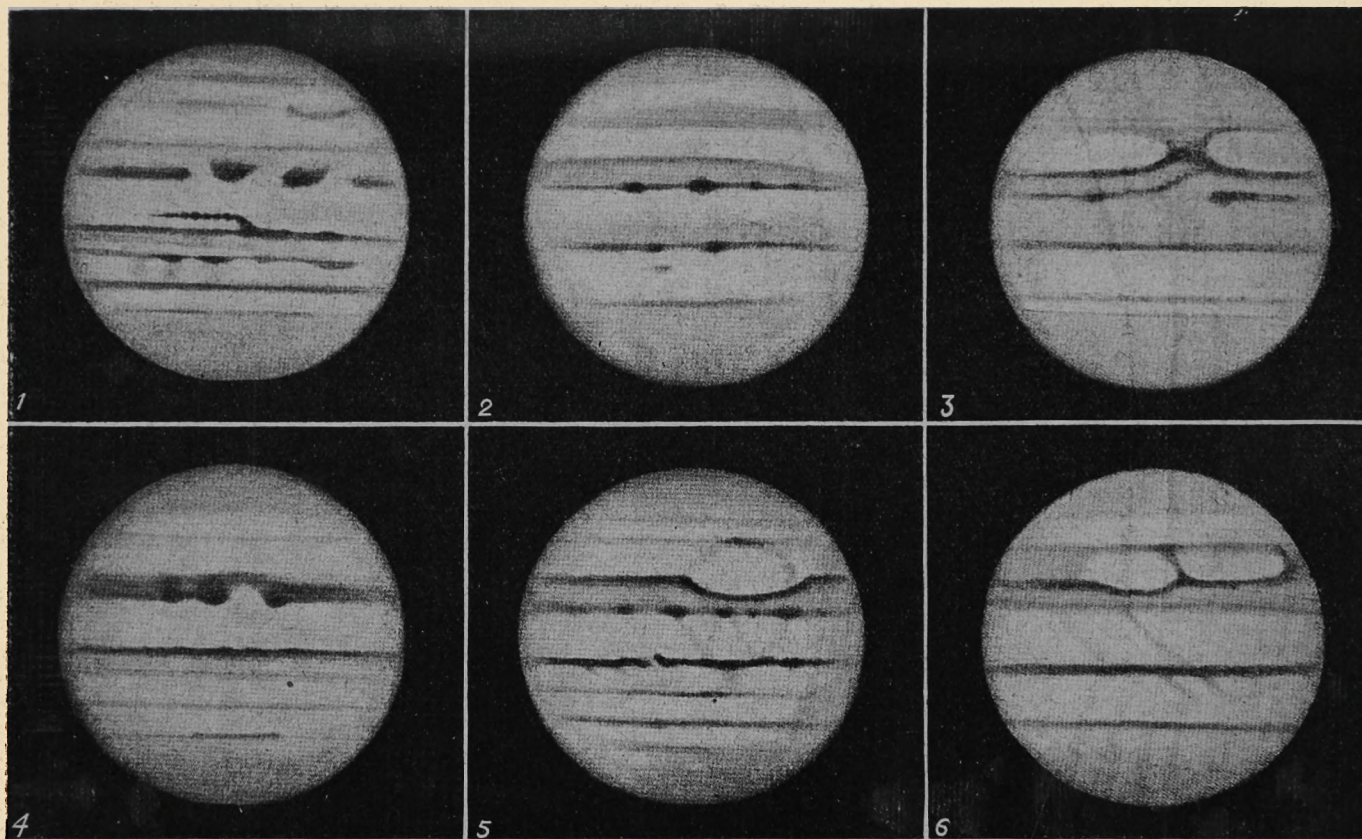


Рис. 21. Общий вид Юпитера. 1. В 1893 г.; 2. 1898 г.; 3. 1901 г. 4. 1903 г.; 5. 1909 г.; 6. 1918 г.

сильно; однако в последнее время это объяснение находится под сомнением.

После этого крайне беглого знакомства с малыми планетами перейдем к самой крупной планете солнечного мира — Юпитеру, который сам по себе представляет целый своеобразный мир. Юпитер, отстоящий от Солнца на 778 миллионов километров, имеет поперечник больше земного в 11 раз; по объему он больше Земли в 1.295 раз, а по массе в 318; мы видим отсюда, что плотность Юпитера по сравнению с изученными нами до сих пор телами очень мала; она равна всего только 1,36 плотности воды; скажем сейчас же, что почти такова и плотность Солнца. Уже это одно показывает нам, что Юпитер — небесное тело совершенно иной природы, чем Меркурий, Венера, Земля, Луна и Марс. И числом спутников Юпитер отличается от этих планет. Он является главою обширной семьи из 9 спутников, из которых один — Ганимед — больше Меркурия, а самый дальний отстоит от Юпитера на огромное расстояние в 25 миллионов километров.

Год на Юпитере длится почти 12 земных лет. Вокруг своей оси Юпитер оборачивается за 9 ч. 50 м., при чем эта ось почти перпендикулярна к плоскости орбиты Юпитера, так что на Юпитере не может быть времен года в нашем смысле; их не может быть тем более, что Юпитер получает тепла от Солнца в 27 раз меньше, чем Земля; при таком малом нагревании это должен был бы быть ледяной, мертвый мир.

Достаточно одного взгляда на поверхность Юпитера, чтобы убедиться в ошибочности такого вывода. Мы видим многочисленные полосы, тянущиеся в уровень с экватором планеты, и многочисленные пятна; без всякого измерения видно сильное сжатие планеты у полюсов и вздутие у экватора, гораздо более сильное, чем у Земли, что и понятно ввиду значительно большей скорости вращения Юпитера. Эти полосы и пятна неустойчивы и находятся в постоянном изменении, так что составить карту поверхности Юпитера невозможно. Все указывает на то, что мы видим перед собою не твердую поверхность, а внешнюю газовую оболочку, постоянно наполненную облаками. Иногда бывают заметны очень быстрые изменения, сопровождающиеся перемещением больших масс вещества. Все указывает на очень большую жизненность планеты, но эта жизненность вряд ли зависит от Солнца, бессилие которого мы уже видели на более

Таблица 2. Мир Юпитера.

№ *	Название.	Попереч- ник в кило- метрах.	Масса по сравне- нию с Землей.	Расстояние от Юпитера.		Время обращения вокруг Юпитера.	Наклон орбиты к плоско- сти эква- тора Юпи- тера.	Кто и когда открыл.
				В ради- усах планеты.	В ты- сячах км.			
V		160	—	2,53	180	0,5 дн.	0°	} Барнард 1892 г.
I	Ио	3.800	0,014	5,91	420	1,77 "	0°	
II	Европа	3.400	0,008	9,40	667	3,55 "	0°	} Галилей 1610 г.
III	Ганимед	5.800	0,025	14,99	1.065	7,16 "	0°	
IV	Каллисто	4.400	0,014	26,36	1.874	16,7 *	0°	
VI		160	—	160	11.360	251 "	31°	} Перрин 1904 г. Перрин 1905 г. Мелотт 1908 г. Николь- сон 1914 г.
VII		56	—	164	11.644	260 "	30°	
VIII		60	—	329	23.360	739 "	145°	
IX		24	—	351	25.840	804 "	154°	

* Спутники планет получают номера в порядке их открытия.

близком Марсе. Повидимому Юпитер еще не вполне погас, его внутренние силы не улеглись, и собственный жар достаточен, чтобы поддерживать все в постоянном движении. На это же указывает и одна замечательная особенность его вращения: экваториальные части вращаются быстрее, чем полярные; сутки на экваторе равны 9 ч. 50 м, а в более высоких широтах 9 ч. 55 м. Таким образом Юпитер вращается не как твердое тело и в этом отношении напоминает Солнце.

Наиболее интересной особенностью Юпитера является так называемое красное пятно. Оно хорошо видно на рис. 22₃, 22₅, 22₆. Размеры его очень велики: длина около 41.000 километров, и ширина около 14.000 километров. Оно имеет вид овала. Красное пятно — одно из наиболее устойчивых образований на Юпитере: наблюдения его ведутся с 1878 года, а просмотр старых рисунков показал, что оно уже существовало в 1831 году. Замечательно, что и цвет его и скорость передвижения меняются с течением времени. Раньше оно было красное и двигалось быстрее, так что, повидимому, оно не связано с внутренним ядром Юпитера и является каким-то новым образованием, быть может, возникшим после извержения и плавающим в его атмосфере. Замечательно, что приблизительно на той же широте на Юпитере есть другое пятно, напоминающее облако и вращающееся несколько скорее, чем красное пятно, так что каждые два года это серое пятно проходит мимо красного, вернее проходит над ним или под ним. До сих пор не выяснен вопрос, светит ли Юпитер только светом, отраженным от Солнца, или же он сам обладает еще некоторой способностью к излучению энергии.

Спутников Юпитера пока известно девять и весьма возможно, что их значительно больше. Из них четыре — Ио, Европа, Ганимед и Каллисто являются очень крупными планетами. Наименьший из них — Европа — почти равен Луне, наибольший — Ганимед — по величине находится как раз между Меркурием и Марсом. Остальные пять — мелкие тела, по размерам вроде астероидов. Ближайшие к Юпитеру спутники обегают вокруг него быстро, за несколько дней, и, так как расстояния их от Юпитера сравнимы с расстоянием от Земли до Луны, легко себе представить интересное зрелище многих Лун на небе Юпитера.

Определение масс спутников чрезвычайно трудно. Оно произведено лишь по отношению к четырем крупнейшим спутникам.

Оказывается, например, что Каллисто, по размерам почти равная Меркурию, имеет массу, меньшую в четыре раза, а Ганимед, по размерам значительно более крупный, чем Меркурий, имеет массу в два с половиной раза меньше. Это показывает, что плотность их крайне незначительна, и хотя она больше плотности Юпитера, но во всяком случае меньше плотности Луны.

Вести наблюдения поверхности даже крупнейших из спутников Юпитера очень трудно. Наблюдения изменений яркости их показывают, что Ио, Европа, Ганимед и Каллисто вращаются вокруг своих осей за то же время, за какое обегает вокруг Юпитера; иными словами, они обращены к Юпитеру вечно одною стороною, как Луна к Земле, и нам легко сразу указать причину: приливы, вызываемые Юпитером, должны быть гораздо сильнее, чем земные приливы на Луне, и заранее можно ожидать, что спутники Юпитера должны быть обращены к нему одною и тою же стороною.

В расположении спутников вокруг Юпитера есть очень интересные закономерности. Внутренние пять спутников обращаются по орбитам, чрезвычайно близким к плоскости экватора планеты; иными словами, их орбиты почти лежат в этой плоскости. Наоборот, плоскости орбит четырех внешних спутников образуют очень большие углы с экваторами Юпитера. Любопытно также, что четыре крупнейших спутника также образуют особый пояс, как в солнечном мире четыре крупнейших планеты, но с одной существенной разницей: в солнечном мире меньшие планеты образуют внутреннее кольцо, а большие — внешнее, тогда как в мире Юпитера — наоборот. Отметим сейчас же и закон расстояний: расстояния внутренних пяти спутников малы по сравнению с расстоянием внешних четырех, и после Каллисто, с расстоянием от Юпитера около двух миллионов километров, сразу идет шестой спутник — с расстоянием свыше 11 миллионов километров. Для расстояний спутников Юпитера можно было бы с некоторыми натяжками дать закон, вроде закона Вольфа — Тициуса — Боде для расстояний планет от Солнца.

Наконец чрезвычайно любопытно, что два внешних спутника — восьмой и девятый, — обращаются вокруг Юпитера в обратном направлении как по сравнению с другими спутниками, так и по сравнению со всеми планетами солнечного мира. Мы увидим ту

же особенность и в мире Сатурна, к изучению которого теперь переходим.

Мир Сатурна в общем напоминает мир Юпитера. Поперечник Сатурна несколько меньше: он равен 9,4 поперечника Земли. Объем его равен 745 объемам Земли, а масса равна 95 земным массам, так что плотность Сатурна — 0,7 — на целую треть меньше плотности воды. Скорость вращения вокруг оси очень большая; сутки Сатурна равны 10 ч. 14 м., и соответственно своей плотности Сатурн еще более сжат у полюсов, чем Юпитер. От Солнца он отстоит на огромное расстояние в 1.428 миллионов километров, т.-е. почти в десять раз дальше, чем Земля,

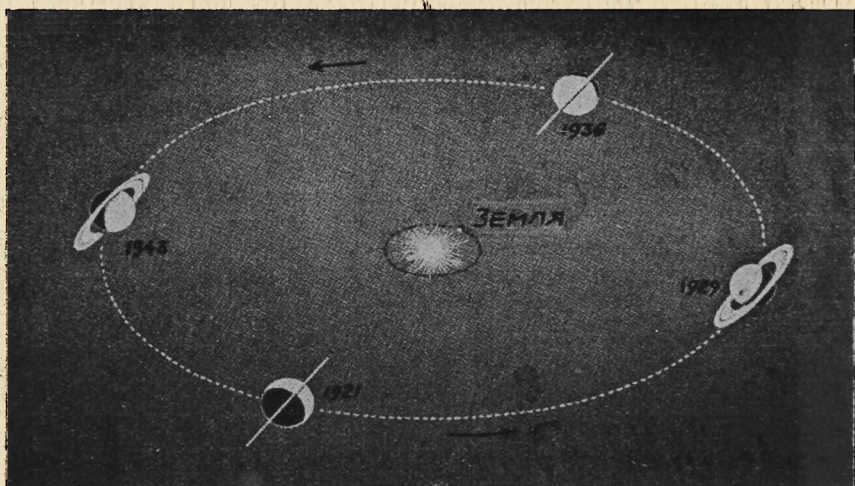


Рис. 22. Сатурн и его кольца.

и обращается вокруг Солнца за $29\frac{1}{2}$ лет. Ось Сатурна наклонена к плоскости его орбиты несколько больше, чем земная, но это не имеет для него существенного значения, так как на этом огромном расстоянии Солнце дает в 100 раз меньше света и тепла, чем Земле, и кроме того поверхность Сатурна, очень напоминающая поверхность Юпитера и столь же непостоянная, показывает, что здесь мы имеем перед собою еще не погасшее, еще не покрывшееся твердой корою светило. Наконец Сатурн, как и Юпитер, обладает свитой из 10 спутников. Словом, всеми своими чертами Сатурн напоминает Юпитера, но у него есть одна особенность, которая делает его единственным в своем роде светилом не только в солнечном мире.

Таблица 3. Мир Сатурна.

№	Название.	Попереч- ник в кило- метрах.	Масса по сравне- нию с Землей.	Расстояние от Сатурна.		Время обращения вокруг Сатурна.	Наклон орбиты к плоско- сти эква- тора Сатурна.	Кто и когда открыл.
				В ради- усах планеты.	В ты- сячах км.			
I	Мимас	644	$\frac{1}{170000}$	3,07	184	0,942 дн.	2°	} Кассини В. Гершель 1789 г.
II	Энцелад	805	$\frac{1}{42000}$	3,94	236	1,370 "	0°	
III	Тетида	1.130	$\frac{1}{9700}$	4,88	293	1,888 "	1°	
IV	Диона	1.125	$\frac{1}{5600}$	6,24	374	2,737 "	0°	
V	Рея	1.770	$\frac{1}{2600}$	8,72	523	4,517 "	0°	Кассини 1672 г.
VI	Титан	4.184	$\frac{1}{50}$	20,22	1.211	15,95 "	0°	Гюйгенс 1655 г.
X	Фемида	240	—	24,17	1.450	20,85 "	11°	} Пикеринг 1904 г.
VII	Гиперион	483	—	24,49	1.467	21,28 "	1°	
VIII	Япет	1.770	—	58,91	3.528	79,33 "	14°	} Кассини 1671 г.
IX	Феба	300	—	214,4	12.816	550,47 "	149°	

Я говорю про знаменитое кольцо Сатурна. Это кольцо лежит в плоскости экватора Сатурна. В небольшие трубы оно кажется сплошным, но более сильные телескопы показывают, что оно состоит из ряда колец с общим центром. Внутренний край кольца отстоит от центра планеты на 71.000 км. и, так как экваториальный радиус Сатурна равен 60.000 км, то внутренний край кольца отстоит от поверхности Сатурна только на 11.000 км. Внешний край кольца отстоит от центра Сатурна на 138.700 км, так что полная ширина кольца равна 67.700 км. Что касается толщины его, то она не превышает 300—500 км. Каково строение его? Легко показать, что оно не может быть ни твердым ни жидким, так как оно было бы неустойчиво и очень скоро разрушилось бы. Наоборот, можно доказать, что оно будет устойчиво, если его построить из отдельных небольших телец, обращающихся вокруг Сатурна независимо друг от друга

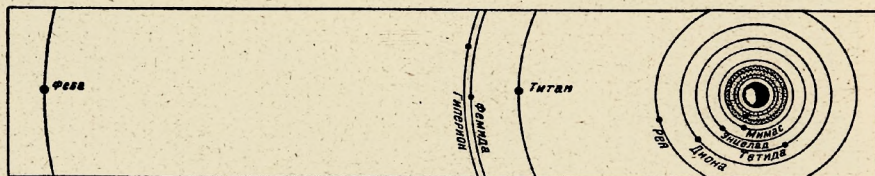


Рис. 23. Мир Сатурна.

в качестве его спутников. Таким кольцом могло бы быть вокруг Солнца кольцо астероидов, если бы число их было во много раз больше и распределение равномернее. Поэтому можно ожидать, что кольцо не вращается вокруг Сатурна как целое, но каждая его частица обращается тем быстрее, чем ближе она к Сатурну.

Это предвидение вполне подтвердилось наблюдениями.

Прежде чем переходить к вопросу о возможном происхождении кольца Сатурна, скажем несколько слов об его спутниках. Их всего десять. Таблица 3-я и рис. 23 в достаточной мере показывают размеры и положение их орбит. Из них наиболее крупный — Титан — значительно больше Луны. Наиболее далекий спутник — Феба — обращается вокруг Сатурна в направлении, обратном всем прочим спутникам и всем планетам солнечного мира. Мы уже видели, что тою же особенностью обладают два крайних спутника Юпитера, и это заставляет нас думать, что обратное направление обращения крайних спутников не слу-

чайно. На это же указывает очень большое по сравнению с другими спутниками расстояние Фебы от Сатурна и большой угол орбиты Фебы с экватором Сатурна. Замечательно, что эта плоскость почти совпадает с плоскостью орбиты самого Сатурна. Затем два спутника — Фемида и Гиперион — обращаются почти на одинаковых расстояниях от Сатурна. В мире Юпитера мы уже имели подобное явление в виде шестого и седьмого спутников его. Наконец, обратим внимание еще на одну особенность, которая покажет нам, как разнообразны условия при образовании различных миров. В двух мирах, с которыми мы бегло ознакомились — в мире Солнца и мире Юпитера — мы имели известное чередование больших и малых тел: в мире Солнца мы имели три пояса: внутренние небольшие планеты (Меркурий, Венера, Земля, Марс), астероиды и внешние крупные планеты; в мире Юпитера, наоборот, за поясом внутренних крупных спутников следует пояс внешних малых спутников. В мире Сатурна нет никаких правильностей в расположении спутников по величине. Что касается до расстояний, то и здесь можно было бы дать закон, напоминающий уже известный нам закон Вольфа — Тициуса — Боде.

Теперь мы должны приступить к чрезвычайно важному и трудному вопросу о происхождении колец Сатурна. Собственно говоря, нам следовало бы все вопросы о происхождении небесных тел разрешать после подробного ознакомления со строением как Вселенной в целом, так и ее отдельных частей, но мы уже один раз отступили от этого плана, когда перед нашими глазами прошла история Земли и Луны, доведенная назад до времени отделения Луны от Земли: нам это было необходимо сделать, так как история отделения Луны от Земли очень отличается от историй других планет и их спутников чрезвычайным преобладанием силы приливного трения. Знакомство с этой силой нам уже несколько раз пригодилось для объяснения тех или иных особенностей солнечного мира и еще много раз пригодится. Именно по этой же причине мы решаемся говорить здесь о происхождении колец Сатурна: эта особенность, присущая именно Сатурну, не повторяется больше нигде. Мы увидим, что кольца Сатурна дали повод к предположению, что как все планеты, так и их спутники родились из колец; в этом состояла знаменитая гипотеза Лапласа о происхождении мира. Если бы даже взгляды Лапласа оказались неверными, все-таки осталась

бы необходимость объяснять происхождение колец Сатурна. Поэтому, чтобы не связывать судьбу колец Сатурна с более

шаткими предположениями о происхождении других небесных тел, и вместе с тем, чтобы подготовиться к решению других вопросов этого рода, мы постараемся сейчас проследить в далеком прошлом, как образовывался Сатурн с его кольцами; о спутниках я пока не говорю, отлагая историю их, как и спутников Юпитера, до общей истории Солнечного Мира.

Обратим внимание прежде всего на то, что кольца лежат в плоскости экватора Сатурна, так что существует какая-то связь



Рис. 24. Постепенное образование колец Сатурна.

между ними и вращением планеты, указывающая на единство происхождения. Очевидно, мы должны допустить, что когда-то

Сатурн простирался до внешней границы колец и, постепенно сжимаясь, достиг своего нынешнего объема, оставив кольца. Вопрос о том, может ли сжимающееся газовое или жидкое тело оставлять кольца, был достаточно хорошо исследован. Оказалось, что может, но для этого нужны некоторые условия, именно: необходимо, чтобы масса внешних слоев тела была очень мала по сравнению с массой внутренней части, иными словами, плотность вещества должна быстро возрасть при углублении от поверхности к центру. Мы уже встречались с таким распределением вещества, когда изучали строение Земли; при этом мы нашли, что вещество располагается последовательными слоями и, чем глубже лежит слой, тем тяжелее вещество, из которого он состоит. Поэтому мы в праве допустить, что внутреннее ядро Сатурна обладает массой гораздо большей, чем внешние слои. Представим себе, что построенное таким образом тело быстро вращается вокруг некоторой оси; мы видели выше, что оно сжимается у полюсов вращения и вздувается у экватора. Однако вздутие в рассматриваемом нами случае и при большой скорости вращения образует на экваторе ребро, и тело по виду походит на чечевицу с острым краем. Пусть теперь происходит охлаждение, и тело сокращается в объеме; при этом скорость вращения увеличивается, и на ребре у экватора начинается отделение вещества: внешние слои атмосферы через ребро как бы растекаются в плоскости экватора, образуя зачаток будущего кольца. Дальше достаточно самого ничтожного толчка, чтобы эти внешние части отделились от планеты; этот толчок может быть дан приливным действием спутника или спутников, обращающихся вокруг планеты на некотором расстоянии; он может также быть дан дальнейшим охлаждением и сокращением объема планеты, так как планета не может оставаться устойчивой и вращаться как одно целое, имея далеко отстоящий выступ у экватора; этот выступ неизбежно оторвется.

Таким образом образуются кольца. А потом приливное действие спутников замедляет вращение планеты, ее сжатие уменьшается, ребро у экватора исчезает, и планета принимает свой современный вид. Теперь остается ответить еще на несколько вопросов. Во-первых, почему кольца Сатурна являются единственными в своем роде, и нет колец у Юпитера, так сильно напоминающего Сатурн во многих отношениях? Самое простое было бы на этот вопрос ответить незнанием, но я чувствую,

что этим не удовлетворился бы читатель. Быть может, дело объясняется меньшей плотностью Сатурна, благодаря которой быстрота вращения оказывает гораздо более сильное действие; сравним хотя бы сжатия Юпитера и Сатурна: в то время как сжатие Юпитера равно $\frac{1}{17}$, сжатие Сатурна равно $\frac{1}{10}$, т.-е. гораздо больше; а между тем длина суток на Сатурне почти равна суткам на Юпитере, даже немного больше. Эта разница сжатий объясняется именно меньшей плотностью Сатурна. Мы видели выше, какое значение для образования кольца имеет ребро на экваторе; но это ребро возможно только тогда, когда ско-



Рис. 25. Чечевицеобразная туманность.

рость вращения достаточно велика, а плотность внешних слоев достаточно мала. Наконец, может быть, и Юпитер в свое время обладал кольцами, но эти кольца не были достаточно устойчивы и распались.

Второй вопрос такой: не являются ли эти чечевицы нашими измышлениями? Вполне достаточным ответом является рис. 25, где дан фотографический снимок с чечевицеобразной туманности NGC 4594. Эти туманности, как легко убедиться, мы видим с ребра. Более того, удалось определить их вращение и выяснить, что некоторые из них вращаются как одно целое. Таким образом данное выше объяснение происхождения колец Сатурна опирается на некоторую почву. И, наконец, третий вопрос — об устойчивости колец Сатурна. Выше мы уже слегка касались этого вопроса и указали, что устойчивость в известной мере

обеспечена, если кольца состоят из огромного количества отдельных телец, каждое из которых обращается вокруг Сатурна наподобие спутника. Однако эта устойчивость не является полной и вечной, и есть много причин, стремящихся ее уничтожить. К сожалению, наблюдения колец ведутся не достаточно давно, чтобы можно было с уверенностью говорить о каких-либо изменениях. Как-будто есть указания на то, что за триста лет кольца расширились внутрь и что внутренняя граница их теперь лежит ближе к планете, но очень возможно, что эти указания основываются только на несовершенстве старых наблюдений.

Мы уже говорили, что есть предположение о возникновении всех планет из колец, отделенных Солнцем, и всех спутников из колец, отделенных соответствующими планетами. Если это так, если все десять спутников Сатурна образовались из колец, каким образом сохранились эти кольца, не превратившись в спутников? Здесь ответ дается опять-таки приливами. Представим себе жидкий или полужидкий спутник, обращающийся на очень большом расстоянии от планеты. Приливная волна на нем будет незначительна и не будет нарушать его устойчивости; но если спутник приближается к планете, приливная волна на нем усиливается и, наконец, достигает такого размера, что спутник может быть разорван притяжением планеты. Можно даже указать расстояние, на котором эта опасность становится особенно угрожающей. Это расстояние называется пределом Роша по имени французского астронома Роша, впервые указавшего на такую возможность. И вот оказывается, что предел Роша для Сатурна равен приблизительно 2,5 радиусам планеты, т.е. 150.000 км, а внешний край кольца находится на расстоянии от центра 138.700 км; таким образом, если спутники образуются из колец, то данные кольца не могли бы превратиться в спутников, так как последние находились бы слишком близко к планете и были бы разорваны ее действием.

Наконец скажем еще два слова о делениях колец Сатурна. Эти деления, которые ясно видны на рис. 22 и 23, объясняются действием спутников Сатурна, как промежутки в поясе астероидов объясняются действием Юпитера.

После этой долгой, но неизбежной остановки в мире Сатурна двинемся дальше к границам солнечного мира. На огромном расстоянии в 2.873 миллиона километров мы встречаемся

с Ураном, обходящим вокруг Солнца за 84 года. Его поперечник в четыре раза больше поперечника Земли; объем — в 63 раза, а масса в 14,6 раз превышает земные. По плотности и по полосам на поверхности он напоминает Юпитер, и Сатурн и вероятно также еще не вполне остыл, и в его хозяйстве собственная теплота имеет гораздо большее значение, чем ничтожная теплота, посылаемая ему Солнцем. По продолжительности вращения вокруг оси Уран напоминает две предыдущие планеты — его сутки равны 11 часам; что же касается до наклона оси вращения, то он очень велик, и ось Урана почти лежит в плоскости его орбиты. Наконец нужно упомянуть еще о четырех спутниках Урана, которые обращаются вокруг него по орбитам, почти лежащим в плоскости экватора Урана. Достаточные сведения о них даются таблицей 4-й. При этом нужно отметить, что их обращение вокруг Урана обратное, как и вращение самой планеты. Таким образом обратное направление обращения спутников, бывшее в мире Юпитера и Сатурна исключением, здесь является правилом.

Таблица 4. Мир УРАНА.

№	Название.	Расстояние от Урана.		Время обращения вокруг Урана.	Кто и когда открыл.
		В радиусах планеты.	В тысячах километров.		
I	Ариель . . .	7,71	194	2,52 дня	Лассель 1851 г.
II	Умбриель . .	10,75	273	4,14 "	Лассель 1851 г.
III	Титания . . .	17,63	447	8,71 "	В. Гершель 1787 г.
IV	Оберон . . .	23,57	597	13,46 "	В. Гершель 1787 г.

На огромном расстоянии от Солнца, превышающем в 30 раз расстояние от Земли до Солнца, движется Нептун, обходящий вокруг Солнца за 165 лет. Размеры его немногим больше Урана, плотность немного меньше, масса равна 17,3 земных масс. Ни положения оси ни времени вращения Нептуна мы не знаем. Вокруг него движется один спутник Тритон, обращающийся

вокруг Нептуна за 5,88 дней и отстоящий от него на 13,33 радиуса Нептуна, что равно 363 тысячам километров. Угол, который орбита спутника образует с плоскостью земной орбиты, очень велик и равен 139° , т.-е. и этот спутник движется в обратном направлении. Отметим эту чрезвычайно важную его особенность.

Нептун является последней планетой солнечного мира; однако знакомство с нашим уголком вселенной еще не полно: мы еще ничего не говорили о кометах, падающих звездах, зодиакальном свете, и, наконец, еще не было нами посещено само Солнце.

IV. КОМЕТЫ, ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ, ЗОДИАКАЛЬНЫЙ СВЕТ.

Тот солнечный мир, с которым мы ознакомились в предыдущей главе, производит впечатление полной устойчивости. На огромных расстояниях друг от друга почти по круговым орбитам обращаются вокруг Солнца сравнительно небольшие тела. Их действия друг на друга невелики и не могут нарушить устойчивость движений.

Солнечный мир как-будто построен так, что ему обеспечено неопределенно долгое существование. Всего только в двух местах мы обнаружили несовершенство этого образцового мира: приливное действие, когда-то оторвавшее Луну от Земли, а в будущем угрожающее снова бросить Луну к Земле, и затем кольца Сатурна. В одной из следующих глав нам предстоит еще встретиться с приливами, как созидающей и разрушающей силой вселенной, а сейчас мы должны выяснить еще один чрезвычайно важный для устойчивости солнечного мира вопрос: находятся ли планеты и Солнце в совершенно пустом пространстве, или же пространство наполнено некоторой средой, могущей влиять на движения небесных тел. Мы увидим, как важен этот вопрос и для выяснения происхождения Солнечного Мира.

На-ряду с планетами, совершенство движения которых внушило первым наблюдателям неба мысль о „музыке небес“, на-ряду с неподвижными звездами, ясными, спокойными и неизменными, время от времени как противоположность им появляются светила, своим видом и непостоянством своих движений вызывавшие и вызывающие суеверный ужас. Эти светила—кометы появляются неизвестно откуда, за ними тянется длинный светящийся хвост, вид их постоянно меняется, и, на-

конец, они уходят неизвестно куда. Однако продолжительные и постоянные наблюдения неба дали возможность изучить строение и движение комет и выяснить в известной мере их происхождение.

В то время как орбиты планет являются почти кругами, кометы движутся по сильно вытянутым орбитам. Чтобы оценить эту разницу, сравним движение Меркурия с движениями какой-

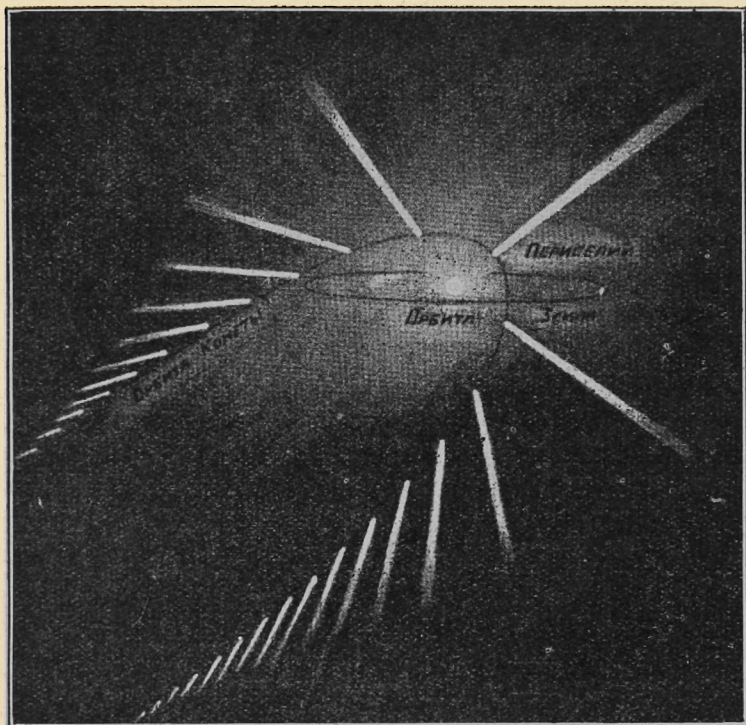


Рис. 26. Движение кометы.

нибудь кометы. Как мы видели, из всех планетных орбит орбита Меркурия наименее походит на круг, и расстояние его от Солнца меняется от 45 миллионов километров (самое близкое) до 70 миллионов километров (самое дальнее). Комета Галлея движется по орбите, вытянутой настолько, что она то подходит к Солнцу ближе Меркурия, то удаляется дальше Нептуна. Затем, орбиты комет обладают другою особенностью: в то время как все планеты (за исключением астероидов) обращаются вокруг Солнца почти в одной плоскости, орбиты

комет наклонены к этой плоскости, иногда значительно. Напомним, что тою же особенностью отличаются и орбиты многих астероидов.

Мы видим таким образом что кометы могут во время своего движения подходить близко к Солнцу и к планетам, и что для них не существует той устойчивости, которою отличается движение планет. Более того, лишь относительно немногих комет мы можем сказать с уверенностью, что они обладают замкнутыми орбитами и через определенное время возвращаются обратно. Дело в том, что когда орбита кометы очень вытянута, ее трудно отличить от пути, по которому движется тело, приходящее в солнечный мир извне.

Некоторые из комет движутся по орбитам, очень напоминающим орбиты астероидов. Например, комета Холмса не подходит к Солнцу ближе 313 миллионов километров и не удаляется от него дальше 760 миллионов километров. Угол ее орбиты с плоскостью земной орбиты равен 21° . Таким образом, она могла бы занять место в списке малых планет, обращающихся вокруг Солнца, между орбитами Марса и Юпитера. С другой стороны, многие астероиды могли бы считаться промежуточным звеном между планетами и кометами. Однако некоторым препятствием к этому является своеобразная природа комет, делающая их совершенно непохожими ни на большие, ни на малые планеты.

При изучении природы комет нужно различать *ядро* и *хвост кометы*. Масса кометы, по видимому, главным образом сосредоточена в ядре, и когда мы говорим об орбите кометы, мы подразумеваем орбиту ядра. Однако ядро не имеет определенных очертаний: оно скорее похоже на светящееся облачко. Поперечник его обыкновенно очень велик,—десятки тысяч километров. Масса ничтожно мала: так, масса ядра кометы Галлея не превышает массы песка, вынутого при прорытии Суэцкого канала. При таком скромном объеме и ничтожной массе плотность вещества в ядре также должна быть очень мала, и является естественный вопрос о том, в каком виде находится в ядре вещество—в твердом, жидком или газообразном. Изучение света, испускаемого кометами, показало, что в ядрах комет имеется и твердое и газообразное вещество, и зная малую плотность комет, можно заранее сказать, что твердое вещество находится в них в крайне раздробленном виде, как мелкая

пыль, небольшие кусочки твердых пород и т. д. Эти пылинки должны быть отделены друг от друга большими расстояниями, так как иначе ядро было бы непрозрачно, а между тем, сквозь него свободно видны звезды. Таким образом, ядро кометы — просто скопление мелко раздробленных кусочков вещества, но в этом скоплении имеются и газы: азот, углерод, водород, кислород, и соединения этих газов.

Конечно, трудно ожидать, чтобы газы в качестве постоянной оболочки окружали твердые части ядра. Правильнее предположить, что при приближении кометы к Солнцу солнечные лучи



Рис. 27. Длина кометных хвостов.

все сильнее и сильнее освещают ядро; содержащиеся в твердом веществе газы выходят наружу, и в них действие солнечных лучей вызывает различные тепловые и электрические явления. Так как действие притяжения кометного ядра ничтожно, то особенно сильно должно сказываться давление световых лучей, впервые обнаруженное на опыте знаменитым русским физиком П. Н. Лебедевым. Это давление будет действовать на частицы кометных газов как отталкивательная сила, направленная от Солнца. И действительно, хвост кометы, как показывает рис. 27, всегда направлен в сторону противоположную Солнцу. Объяснение вида кометных хвостов действием отталкивательных сил принадлежит знаменитому русскому астроному Ф. А. Бре-

дихину; однако до работ П. Н. Лебедева было неизвестно, какого рода эти силы.

Длина кометных хвостов бывает необычайно большая; так, комета 1843 г. имела хвост вдвое больше расстояния от Земли до Солнца. Взглянем на рис. 27. Мы видим, что когда комета находится вблизи от солнца, небольшим передвижениям головы кометы по орбите соответствуют огромные передвижения конца хвоста. Если бы это было передвижение частиц, образующих хвост, их скорости были бы огромны и необъяснимы. На самом деле частицы, раз отделившиеся от ядра, движутся независимо от него, и на них его перемещения не влияют. Меняется вместе с перемещением ядра направление вытекающего из ядра потока частиц. Этот поток мы и наблюдаем в виде хвоста.

Все эти особенности комет и отличают их от больших и малых планет. Некоторые планеты, как, например, Меркурий, находятся гораздо ближе к Солнцу, чем многие из комет, тем не менее у них не отмечено никаких хвостов, никакого излучения вещества в пространство. Некоторые астероиды имеют массу, сравнимую с массами комет, и походят на них и положением и величиною своих орбит, но совершенно отличаются отсутствием какого бы то ни было хвоста. Каковы причины этой разницы? Мне кажется, их нужно искать в большей раздробленности вещества комет и в большей его разбросанности в пространстве, так что солнечные лучи действуют на гораздо большую поверхность. Представим себе, что шар разделился на восемь шаров, при чем общая их масса и объем не изменились; тогда освещаемая поверхность увеличилась вдвое. Легко себе представить, какое огромное увеличение освещаемой поверхности можно получить дроблением вещества; и тогда понятно, что одна и та же масса может не иметь хвоста или иметь огромный хвост, в зависимости от степени ее раздробленности. Возможно, что планеты тоже имеют хвосты, но эти хвосты малы и незаметны. Мы увидим дальше, что так можно объяснить так называемое противосияние.

Крайняя раздробленность вещества, вытянутый путь, при котором возможны опасные приближения к другим небесным телам—все это обстоятельства неблагоприятные для устойчивости, и действительно, кометы не являются устойчивыми телами.

Так, комета Брукса в 1889 г. имела при себе четырех спутников; однако при следующем появлении ее в 1896 году

Эти четыре второстепенные кометки отсутствовали. По некоторым кометным орбитам обращается по нескольку комет, и такие семьи можно считать остатками после дробления более крупных комет. Наиболее любопытным случаем распада кометы является судьба знаменитой кометы Биела. Эта комета обходила вокруг Солнца за $6\frac{3}{4}$ года и мало привлекала к себе внимание; при ее появлении в 1845 г. сначала не было ничего особенного, но в 1846 году она разделилась на две части, двигавшиеся с разными скоростями; при ее новом появлении в 1852 году обе части находились уже на расстоянии свыше двух с половиной миллионов километров одна от другой. Больше кометы Биела никто не видал. Чрезвычайно благоприятные условия для ее видимости были в 1872 г., но, вместо кометы, наблюдался необычайно сильный дождь падающих звезд. Таким образом, оказалось, что встреча Земли с распадавшейся кометой ознаменовалась лишь особенным обилием падающих звезд. Это только подтвердило предположение, высказанное Хладни в начале XIX века, о тесной связи между кометами и падающими звездами.

Явление падающих звезд всем хорошо знакомо. Само название *падающие звезды* выбрано неудачно, так как падает вовсе не звезда, а очень небольшое тело, быть может, весом не больше нескольких грамм. Это тело проникает в земную атмосферу и благодаря трению разогревается до свечения; затем — или выходит из пределов атмосферы, или сгорает в ней. Мы уже говорили о падающих звездах, когда искали объяснение для лунных цирков, но тогда для нас неясно было происхождение падающих звезд. Мы видели, что наряду с мелкими телами иногда в земную атмосферу проникают и очень большие камни и даже глыбы железа. Изучение падающих звезд обнаружило, что наряду с чисто случайными телами этого рода в пространстве блуждают огромные рои, скопления мелких и крупных тел. Представим себе такое скопление, которое движется вокруг Солнца по некоторой орбите; если эта орбита проходит достаточно близко от земной, возможны время от времени встречи Земли с роем и выпадения падающих звезд. Однако это не будет единственным следствием встречи: притягивающее действие Земли произведет некоторое разрушительное влияние на рой: рой несколько расширится и растянется по орбите; сама орбита также несколько изменится. Так мало-по-малу

распашатывающее действие различных членов солнечного мира заставит рой растянуться по орбите и превратит его в своего рода кольцо. Тогда падения падающих звезд будут происходить при каждом прохождении Земли через место пересечения орбит (рис. 28). Это именно и встречается в действительности: есть целый ряд определенных дней в году, когда можно ожидать выпадения падающих звезд. Бывает так, что рой распределен по орбите неравномерно, а в одних местах более, в других менее плотно. Тогда обилие дождя падающих звезд из года в год меняется, и в одни годы падающие звезды падают

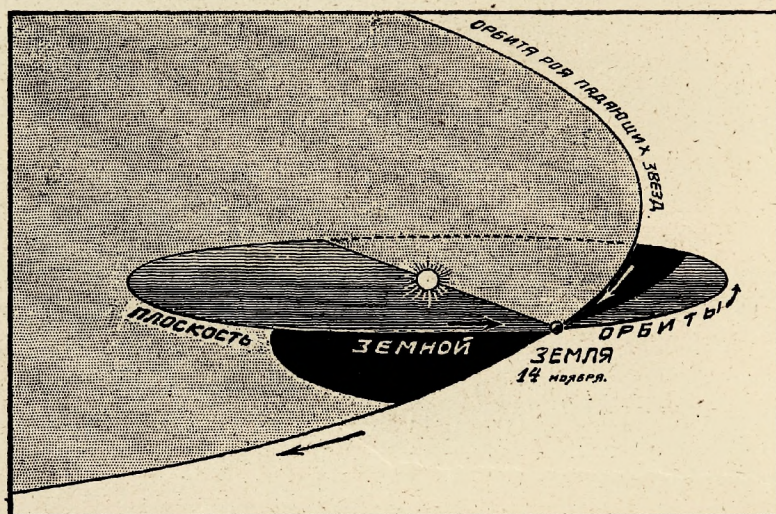


Рис. 28. Пересечение орбиты роя падающих звезд с земной орбитой.

очень обильно, а в другие почти отсутствуют. Наконец, бывает и так, что по одной и той же орбите идут на некотором расстоянии друг от друга и комета и рой. Таких случаев известно несколько, и здесь нужно думать, что рой появился после дробления кометы и распада одной из ее частей. Легко себе представить, почему комета может исчезнуть, как комета; для этого достаточно увеличения расстояний между составляющими ее пылинками или кусочками; каждая пылинка в отдельности не перестает излучать в пространство частицы под действием солнечных лучей, но эти излучения, будучи раскиданы на большое пространство, не производят такого же светового впечатления, как при скупенности. Таким образом, комета перестает суще-

ствовать и превращается в рой, когда ее ядро увеличивается в объеме; увеличение в объеме ядра может произойти от действия планет, мимо которых комета проходит. Мы видим ясно конец жизненного пути кометы: комета распадается на рои, которые рано или поздно рассеются в пространстве, и вещество комет рано или поздно пойдет на увеличение веса других небесных тел.

Каково же происхождение комет и роев падающих звезд? Не следует думать, что все рои падающих звезд происходят из комет, и что все падающие звезды принадлежат к роям. Количество падающих звезд-одиночек очень велико и за сутки превышает полтора миллиона. Если считать, что каждая падающая звезда приносит в среднем на Землю 10 граммов вещества, то за сутки земная масса должна была бы возрастать на 15 тонн. Если мы представим себе, что выпадающее на Землю вещество было рассеяно в пространстве, пройденном Землею, то мы можем приблизительно определить как плотность распределения вещества, так и общую массу его в пространстве, занятом солнечным миром. Эта плотность будет равна приблизительно 40 граммам на куб со стороною равною 1.000 километрам. При такой плотности общая масса, содержащаяся в шаре с поперечником, равным поперечнику орбиты Нептуна, будет не больше $\frac{1}{40.000}$ массы Земли, т.-е. очень мала. Можно тот же расчет сделать на других основаниях, предполагая хотя бы, что плотность распределения вещества такова же, как в ядрах комет; тогда все количество вещества, рассеянное в солнечном мире в виде мелкой пыли и т. д., не превышает нескольких земных масс, т.-е. будет опять-таки очень мало.

Таким образом мы приходим к выводу, что в солнечном мире помимо вещества, образующего Солнце и планеты, находится вещество в очень рассеянном состоянии и в количестве не превышающем нескольких земных масс. Значительная часть этого вещества представляет из себя как бы метеоритную оболочку Солнца, состоящую из беспорядочно блуждающих в пространстве метеоритов. Меньшая часть ее представляет из себя потоки метеоритов, потоки, которые, в зависимости от их большей или меньшей плотности, мы видим или как кометы, или как рои падающих звезд. Размеры отдельных метеоритов могут быть всякого рода, от мельчайших пылинок до очень

крупных глыб. На высочайших горах на снегу находят магнитную пыль, по всей вероятности, не земного происхождения. С другой стороны, мы уже говорили о каменных дождях. На рис. 29 мы видим, каких размеров они могут иногда достигать и на какую большую площадь они иногда выпадают. Приток вещества на Землю из пространства, ничтожный за год, за миллионы и миллиарды лет может быть весьма значителен. Является вопрос, откуда приходит это вещество, принадлежит ли

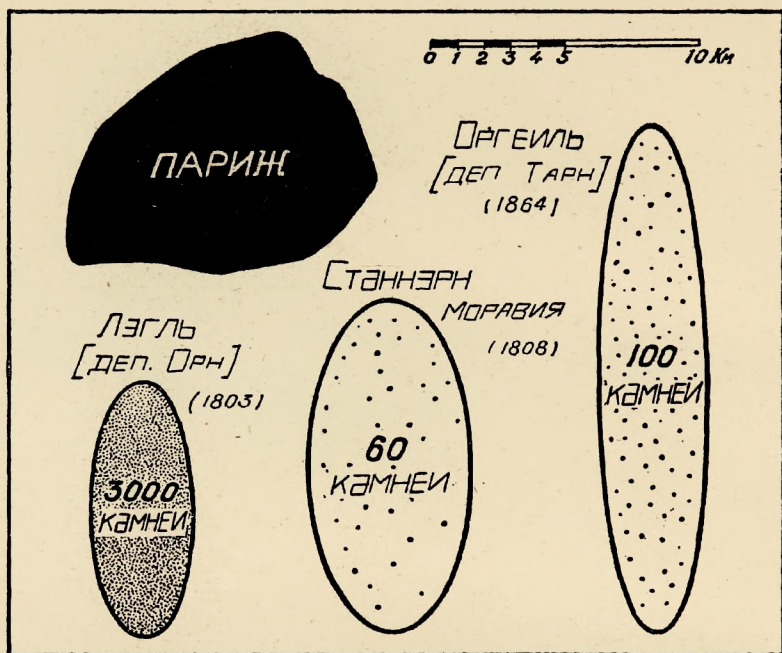


Рис. 29. Площади, покрытые каменными дождями.

оно солнечному миру, или оно идет извне, из межзвездного пространства. Этот вопрос имеет очень большое космогоническое значение. К сожалению, для решения его у нас очень мало данных. Некоторый ответ все-таки может быть получен из распределения комет. Взглянем на таблицу 5. В ней собраны сведения о тех кометах, возвращение которых наблюдалось. Прежде всего обратим внимание на направление движения по орбите. Если бы эти кометы были случайными гостями из пространства, захваченными той или другой из больших планет, обратное направление движения должно было бы встре-

чаться так же часто, как прямое. Однако из 25 комет только одна имеет обратное движение, а все остальные имеют прямое, как все планеты солнечного мира и как большинство спутников. Взглянем далее на наклоны орбит. Из 25 комет только четыре имеют наклоны орбит свыше 31° . Это опять-таки указывает на постоянную принадлежность этих комет к солнечному миру. Теперь посмотрим расстояния и обратим особенное внимание на наибольшие расстояния комет от Солнца. Мы видим, что для первых 18 комет эти расстояния одного порядка с расстоянием Юпитера от Солнца (5,2) и разница не превышает 20% в ту или другую сторону. Есть все основания называть эти кометы семьей Юпитера, и, несомненно, что Юпитер оказал на них огромное влияние. Посмотрим теперь на наименьшие расстояния. Из астероидов на наименьшее расстояние от Солнца подходит Эрос — 1,15; посмотрим, для скольких из 18 комет семьи Юпитера наименьшее расстояние от Солнца больше 1,15; оказывается, для 12, т.-е. для двух третей. Казалось бы, из этого можно сделать вывод о том, что кометы семьи Юпитера являются не чем иным как астероидами, и действительно по положению и размерам орбит они мало отличаются от астероидов, но мы уже видели, что они очень отличаются от них своей природой. Эту разницу вкратце можно выразить так: астероиды — глыбы вещества, кометы — скопления вещества в крайне измельченном виде. К сожалению, мы не знаем переходных ступеней от комет семьи Юпитера к астероидам, тогда как есть простые и естественные переходы от комет семьи Юпитера к другим кометам и к роям метеоритов. Поэтому правильное будет другой взгляд. Кометы семьи Юпитера, это — те кометы, на движение которых Юпитер особенно сильно повлиял, а повлиять он должен рано или поздно на всякую комету. Что касается наименьших расстояний, то обилие среди них расстояний больше 1,15 указывает на влияние одной из внутренних планет и по всей вероятности Земли. По крайней мере наименьшие расстояния, сравнимые с единицей или большие единицы, мы встречаем у 16 из 18 комет семьи Юпитера и у четырех из остальных семи комет. Таким образом можно себе представить образование орбиты кометы под влиянием с одной стороны Юпитера и с другой стороны Земли.

Кроме семейства Юпитера можно с несомненностью выделить семейство Нептуна: в него войдут пять комет, которые

Таблица 5. Кометы, возвращение которых наблюдалось.

№	Название	Наклон орбиты	Наи- меньшее расстоя- ние от Солнца *	Наи- большее расстоя- ние от Солнца *	Время обраще- ния в го- дах	Направле- ние дви- жения
1	Энке	12° 32'	0,341	4,10	3,304	прямое
2	Темпель ₂	12° 45'	1,323	4,66	5,173	"
3	Брорзен	29° 23'	0,590	5,61	5,463	"
4	Темпель ₃ - Свифт	5° 27'	1,153	5,22	5,681	"
5	Де Вико--Свифт .	2° 58'	1,392	5,11	5,855	"
6	Виннеке	18° 18'	0,972	5,54	5,871	"
7	Темпель ₇	9° 46'	1,771	4,82	5,982	"
8	Перрин	15° 41'	1,173	5,76	6,454	"
9	Джиакомбини .	30° 44'	0,976	6,00	6,510	"
10	Дарре	15° 47'	1,270	5,73	6,542	"
11	Копф	8° 42'	1,707	5,32	6,584	"
12	Биела	12° 33'	0,859	6,19	6,615	"
13	Финлей	3° 23'	1,013	6,09	6,688	"
14	Вольф	25° 18'	1,583	5,59	6,792	"
15	Холмс	20° 49'	2,122	5,10	6,857	"
16	Борелли	30° 29'	1,396	5,86	6,904	"
17	Брукс	6° 4'	1,958	5,43	7,101	"
18	Фай	10° 36'	1,655	5,97	7,438	"
19	Шомасс	14° 43'	1,168	6,83	7,991	"
20	Тутль	55° 0'	1,045	9,54	12,149	"
21	Вестфаль	40° 52'	1,254	29,98	61,730	"
22	Брорзен-Меткаль	19° 12'	0,485	33,36	69,628	"
23	Понс-Брукс . .	74° 3'	0,776	33,70	71,56	"
24	Ольберс	44° 34'	1,199	33,62	72,65	"
25	Галлей	17° 47'	0,587	35,31	76,02	обратное

* За единицу принято расстояние Земли от Солнца.

в наибольшем удалении от Солнца находятся довольно близко к орбите Нептуна. Любопытно, что из этих пяти комет для трех наименьшее расстояние определяется скорее действием Венеры, чем Земли. Наконец, две кометы не принадлежат, по видимому, ни к каким семьям: это комета Шомас (№ 19), которая с некоторой натяжкой может быть отнесена к семье Юпитера, и комета Тутля (№ 20), движение которой несомненно определяется Сатурном.

Чрезвычайно интересно отметить, что ни Сатурн ни Уран не оказывают такого сильного влияния на движение комет, как Юпитер и Нептун.

Однако этими правильно возвращающимися кометами не исчерпывается список комет. Известно еще несколько десятков комет, которые появлялись только раз. Возьмем 39 комет, некоторые сведения о которых даются в таблице 6.

Среди этих 39 комет обратное направление движения встречается гораздо чаще, чем среди 25 комет правильно возвращающихся в определенные сроки; именно, мы имеем 23 прямых и 16 обратных комет; любопытно, что все кометы с небольшими временами обращения, а именно: №№ 4, 7, 20 и 38, прямые, а углы наклона их орбит очень малы; наоборот, из 22 комет с орбитами, удаляющимися в бесконечность (параболическими или гиперболическими), 12 прямых и 10 обратных. Затем, углы наклона в большинстве случаев чрезвычайно велики, и для 29 комет этот угол больше 30° . Наконец, замечательно, что из этих комет 12 подходили к Солнцу ближе, чем Меркурий, тогда как из комет таблицы 5 это можно сказать только про комету Энке.

Таким образом мы приходим к заключению, что среди комет есть такие, которые несомненно принадлежат к солнечному миру, но есть и другие, которые являются в нем случайными гостями и после короткого пребывания в нем уходят обратно в междוזвездное пространство. К такому же выводу приводит изучение путей и скоростей падающих звезд. Наряду с междупланетной метеоритной атмосферой, о которой мы говорили, существует и междוזвездная атмосфера: в мировом пространстве блуждает мелкая пыль, камни и тому подобные остатки умерших миров, и по всей вероятности они же служат материалом для постройки новых миров.

Таблица 6. ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ КОМЕТЫ.

№	Обозначение	Наклон орбиты	Наименьшее расстояние от Солнца *	Свойства орбиты	Время обращения в годах	Направление движения	Сколько времени была видна (в неделях)	Кто открыл
1	1680	60° 40'	0,0362	чрезвычайно вытянутая	8816	прямое	19	Кирх
2	1729	77° 4'	4,0505	парабола	—	"	25	Сарабат
3	1744	47° 7'	0,2222	"	—	"	12	Клинкенберг
4	1770/I	1° 34'	0,6744	вытянутая	516	"	16	Мессье
5	1807	63° 10'	0,6461	чрезв. вытян.	1713	"	28	Разные лица
6	1811/I	73° 3'	1,0354	"	3094	обратное	73	Фложерг
7	1819/IV	9° 6'	0,8923	вытянутая	511	прямое	8	Блянпэн
8	1823	76° 12'	0,2267	парабола	—	обратное	13	в Швейцарии
9	1826/V	89° 22'	0,0269	"	—	"	11	Понс
10	1843/I	35° 40'	0,0055	чрезв. вытян.	512	"	7	Разные лица
11	1858/VI	63° 2'	0,5785	"	1950	"	39	Донати
12	1860/I	79° 40'	1,1989	парабола	—	прямое	2	Лиэ
13	1861/I	79° 46'	0,9207	чрезв. вытян.	415	"	22	Тэтчер
14	1861/II	85° 26'	0,8224	"	409	"	50	Теббут
15	1862/III	66° 26'	0,9626	"	119,6	обратное	14	Тутль
16	1866/I	17° 18'	0,9765	вытянутая	33,2	"	7	Темпель
17	1874/III	66° 21'	0,6758	чрезв. вытян.	13700	прямое	26	Коджиа
18	1880/I	35° 21'	0,0055	парабола	—	обратное	2	Разные лица
19	1881/III	63° 25'	0,7345	чрезв. вытян.	2428	прямое	38	Теббут
20	1881/V	6° 51'	0,7253	вытянутая	8,7	"	7	Деннинг
21	1882/I	73° 49'	0,0608	парабола	—	"	21	Уэльс
22	1882/II	38° 0'	0,0078	чрезв. вытян.	772	обратное	39	Разные лица
23	1885/II	80° 39'	2,5078	гипербола	—	прямое	8	Барнард
24	1886/I	82° 37'	0,6424	"	—	"	34	Фабри
25	1887/I	51° 32'	0,0097	парабола	—	обратное	2	Разные лица
26	1888/I	42° 15'	0,6988	чрезв. вытян.	2182	прямое	29	Саверталь
27	1889/II	16° 9'	2,2553	парабола	—	обратное	73	Барнард
28	1893/II	20° 2'	0,6745	"	—	"	26	Рордам
29	1895/IV	38° 23'	0,1920	"	—	"	37	Перрин
30	1898/VII	69° 56'	1,7016	гипербола	—	прямое	65	Коддингтон
31	1899/I	33° 45'	0,3266	"	—	обратное	23	Свифт
32	1903/II	43° 54'	2,7743	парабола	—	прямое	29	Джиакобини
33	1905/IV	4° 16'	3,3393	"	—	"	182	Копф
34	1907/IV	8° 58'	0,5125	"	—	"	55	Даниель
35	1908/III	39° 49'	0,9448	"	—	обратное	33	Морхоуз
36	1910/I	41° 13'	0,1290	"	—	"	26	Разные лица
37	1914/III	71° 1'	3,7429	"	—	прямое	26	Неуймин
38	1916/II	10° 40'	1,3412	вытянутая	5,50	"	15	"
39	1917/III	25° 40'	1,6868	парабола	—	"	25	Вольф

* За единицу принято расстояние Земли от Солнца.

Как построена эта метеоритная оболочка солнечного мира? Несомненно, она тем плотнее, чем ближе к Солнцу. Затем она вряд ли располагается шаровыми слоями и, по всей вероятности, сильно уплощена; на это указывают сравнительно малые углы наклона орбит комет, принадлежащих к солнечному миру и орбит потоков падающих звезд. Является вопрос, нельзя ли видеть непосредственно эту атмосферу. Действительно, есть одно явление, которое можно истолковать только этим способом, это—*зодиакальный свет*: весною после захода Солнца в безлун-



Рис. 30. Зодиакальный свет.

ные ясные ночи бывает видно сияние, тянущееся по небу на западе иногда на очень большое расстояние; осенью оно бывает видно перед восходом Солнца на востоке. Все заставляет думать, что зодиакальный свет и есть более плотная часть метеоритной атмосферы солнечного мира, освещенная солнечными лучами и при особенно благоприятных условиях видимая для нас. Повидимому эта более плотная атмосфера простирается до орбиты Венеры, а может быть и дальше.

В тесную связь с зодиакальным светом обыкновенно ставится так называемое *противосияние*, названное так потому,

что оно всегда противостоит Солнцу. Однако по всей вероятности противосияние есть чисто земное явление, именно, хвост, образуемый мельчайшими частицами вещества, покидающими Землю и подвергающимися отталкивательному действию солнечных лучей. Мы не можем видеть хвосты других планет из-за их крайней слабости, но при благоприятных условиях можем видеть хвост Земли.

Итак мы видим, что планеты плавают не в пустом пространстве и что вокруг Солнца и вероятно до крайних границ солнечного мира существует пылевая, метеоритная туманность. Возникает вопрос, на который мы постараемся ответить далее, не есть ли эта туманность остаток той первоначальной туманности, из которой возникло Солнце со всеми окружающими его планетами и их спутниками. Однако прежде чем переходить к вопросу о строении и происхождении Солнца, сообщим некоторые сведения о химическом составе падающей с неба пыли и камней.

Камни, падающие с неба, можно по составу причислять к одной из двух разновидностей: или они напоминают земные каменные породы, или в них преобладает железо. Первые мы будем называть каменными, а вторые железными метеоритами. Начнем с каменных метеоритов, как наиболее часто встречающихся. Их средний состав таков:

кислород	360	весовых частей
железо	247	" "
кремний	183	" "
магний	138	" "
сера	18	" "
алюминий	15	" "
никель, кобальт . .	13	" "
кальций	12	" "
натрий	7	" "
другие вещества .	7	" "
Всего	1.000	" "

Это приблизительно соответствует составу земной коры с некоторыми различиями, как, например, большее обилие железа в метеоритах по сравнению с земной корой.

Состав железных метеоритов таков:

железо	905	весовых частей
никель	87	" "
кобальт	6	" "
фосфор, сера, угле-		
род, медь, хром . . .	2	" "
Всего	1.000	" "

Если правильно представление об обилии железа внутри Земли, то можно думать, что железные метеориты наиболее соответствуют глубинным породам, а каменные метеориты средним слоям земного шара. Никаких новых для земной химии веществ в метеоритах не имеется. Таким образом действительно есть основания видеть в них остатки погибших миров.

V. СОЛНЦЕ.

Для нас пришло время перейти к изучению Солнца; вместе с тем это и переход к изучению звезд, одною из которых является Солнце; к этому переходу мы отчасти подготовлены изучением больших планет, которые представляют собою еще не вполне потухшие тела. Таким образом к жизни звезды мы подходим с ее конца: мы изучали светила мертвые, как Луна, светила погасшие, но еще не умершие, как Земля, Марс и Венера, светила угасающие, как Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, а теперь подходим к изучению светила в полном разгаре жизни; и конечно для полного восстановления истории Солнца нам нужно будет обратиться к изучению других звезд.

Размеры Солнца нам известны очень хорошо. Его поперечник в 109 раз больше поперечника Земли, что составляет 1.391.000 километров. Его масса больше земной в 333.432 раза. Его средняя плотность равна 1,4 плотности воды. Вокруг своей оси Солнце вращается в среднем за 25—30 дней; к плоскости земной орбиты ось вращения слегка наклонена; так как скорость вращения Солнца довольно мала, то сжатие Солнца, если оно есть, должно быть крайне незначительно; во всяком случае до сих пор оно не было обнаружено наблюдением, хотя многие подозревали его существование.

Тепло, излучаемое Солнцем, огромно; даже на расстоянии Земли от Солнца оно было бы достаточно, например, чтобы в течение года расплавить слой льда толщиной в 30 метров или превратить в пар слой воды толщиной в 4 метра, конечно, при условии, что земная атмосфера отсутствует и солнечные лучи падают отвесно. Зная это, можно вычислить температуру того слоя Солнца, от которого непосредственно идут лучи. Вычисления дали температуру от 5.500° до 6.000° . Конечно

внутри Солнца господствуют гораздо более высокие температуры.

При такой высокой температуре все известные вещества должны находиться в жидком или газообразном состоянии, а большинство химических соединений простых веществ (элементов) должны распасться на их составные части. Поэтому легко сказать заранее, что вещество на Солнце должно быть расположено последовательными слоями, при чем более легкий слой должен лежать выше более тяжелого. Однако эти слои не могут находиться в полном покое: хотя температура и очень высока, но местами могут образовываться соединения простых веществ, и получившиеся новые вещества, будучи легче или тяжелее окружающей среды, начнут подниматься или опускаться, что в свою очередь вызовет перемещение других веществ. Во всей массе Солнца пробегают волны, вызванные приливным действием планет. Наконец, многие элементы при более высоких температурах распадаются на другие элементы, а при понижении температуры снова воссоздаются. При этом, конечно, происходят перемещения масс вверх и вниз, а часто и в стороны. Таким образом в солнечной массе должны существовать постоянные восходящие и нисходящие течения, которые в верхних слоях Солнца постоянно промешивают вещество. Солнце и его поверхность никогда не находятся в покое, и действительно маленькой зрительной трубой достаточно, чтобы обнаружить непрестанную и могучую жизнедеятельность Солнца.

Смотрим ли мы на Солнце простым глазом через закопченное стекло или через зрительную трубу, мы видим вполне определенную светящуюся поверхность с резко очерченным краем. Конечно Солнце ею не заканчивается, и, как мы увидим, выше ее лежит еще много слоев газов; тем не менее эта светящаяся поверхность повидимому отделяет более плотные внутренние части солнечной атмосферы от внешних мало светящихся. Легко себе представить, что могло бы быть иначе: переход от внутренних более плотных и более светящихся частей к внешним более разреженным и малосветящимся слоям мог бы происходить постепенно, и тогда мы видели бы не резко очерченный круг, а постепенно ослабевающую кнаружи туманность. Светящаяся поверхность, которую мы таким образом непосредственно видим, и примыкающий к ней слой солнечной атмосферы называется *фотосферой*.

Как и можно ожидать, поверхность фотосферы не является гладкой и ровной. В сильную трубу она кажется зернистой, покрытой рядом шероховатостей, как будто на более темном поле поднимаются более яркие выступы (рис. 31). Эти выступы имеют довольно крупные размеры — от 500 до 800 км и все время находятся в очень быстром движении; их внешний вид также очень быстро меняется. Русский астроном Ганский делал попытки определить быстроту их перемещений и нашел, что иногда она доходит до 40 км в секунду. Уже это одно

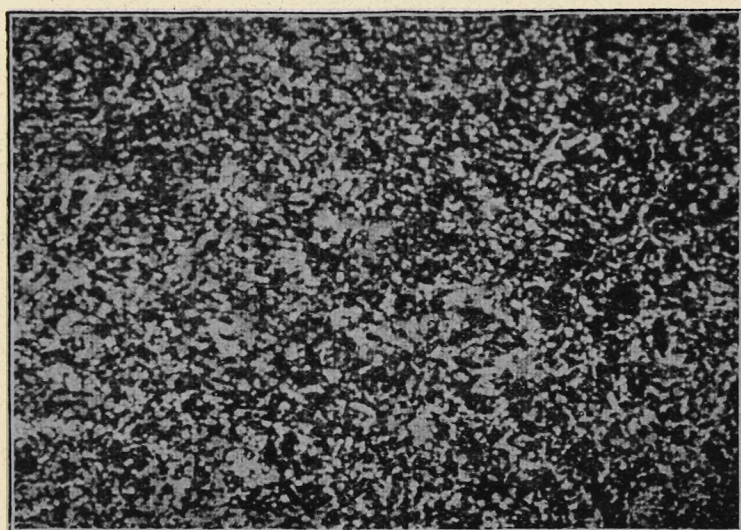


Рис. 31. Зернистое строение фотосферы.

показывает, насколько явления на Солнце превосходят по мощи и размаху все, к чему мы привыкли на Земле.

Существование внешней атмосферы над фотосферой доказывается тем, что Солнце к краям (рис. 32) темнее, чем посередине. Это потемнение объясняется тем, что лучи, идущие от фотосферы, у края Солнца проходят через более толстый слой поглощающих газов, чем идущие от середины. Совершенно по той же причине на Земле вечернее Солнце слабее греет, чем полуденное.

На рис. 32 мы видим и другую важную особенность Солнца, это—солнечные пятна. Пятна бывают самых разнообразных раз-

меров — от едва заметных пор до огромных образований в сотни тысяч километров поперечником, которые хорошо видны даже невооруженным глазом. Внешний вид пятен также очень разнообразен, тем не менее у большинства из них есть некоторые общие черты. Хорошо развитое пятно обыкновенно состоит из внутренней очень темной части, называемой *ядром*;

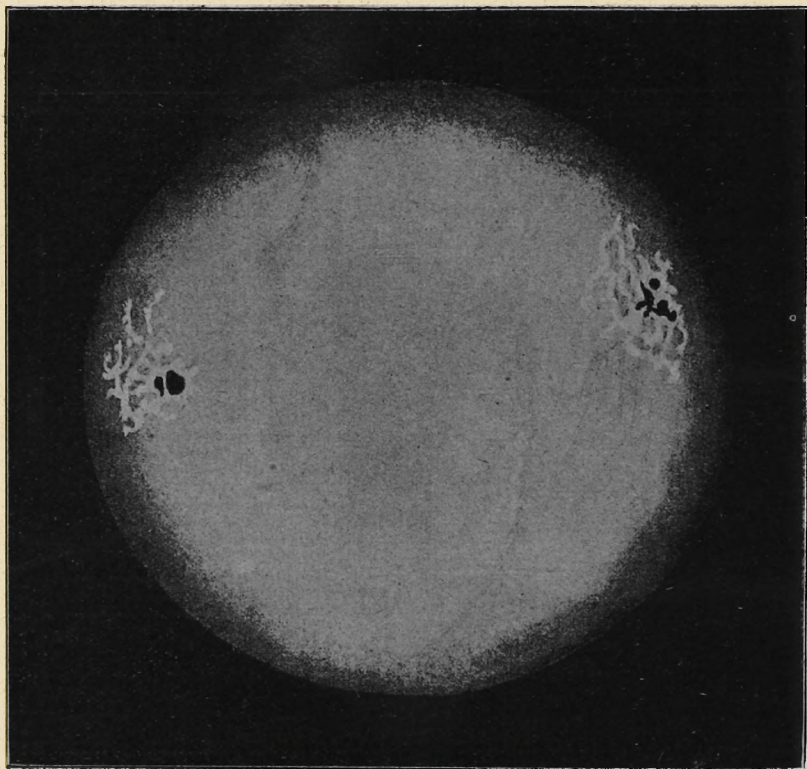


Рис. 32. Солнце. Пятна и факелы.

по большей части ядро бывает окружено более светлым поясом, носящим название полутени. Нечего и говорить, конечно, что ядро и полутень кажутся темными лишь по сравнению с окружающей фотосферой; на самом деле они тоже излучают большое количество света и тепла. Обыкновенно фотосфера около пятна бывает очень ярка, гораздо ярче, чем в других ме-

стах, и кажется крайне беспокойной, быть может даже поднятой над окружающим уровнем. Эти более яркие места называются *факелами* и бывают видны также и без связи с пятнами.

Образование пятна начинается обыкновенно с появления среди факелов небольшой темной поры, которая постепенно расширяется. Просуществовав несколько недель, пятно уменьшается, языки фотосферы заползают внутрь его и мало-по-малу его затягивают. Является вполне естественный вопрос, что же

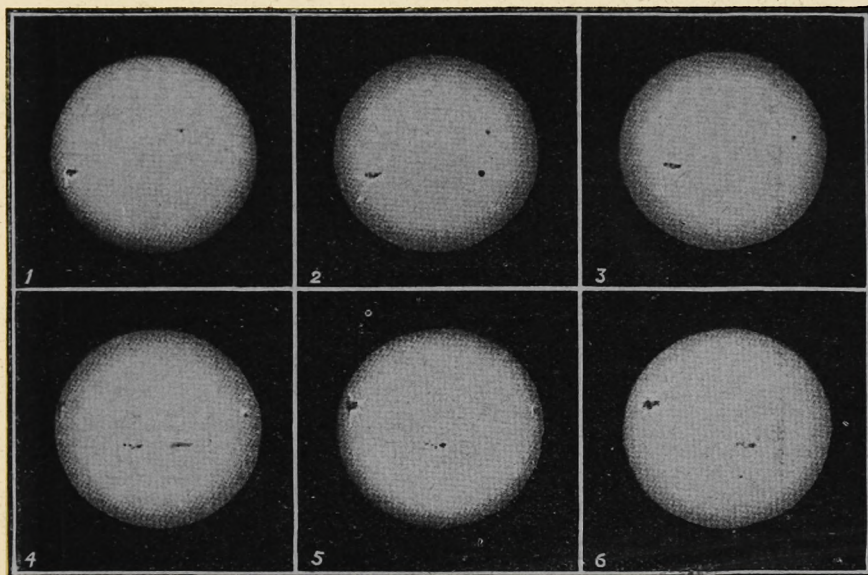


Рис. 33. Последовательные положения пятна.

такое пятна. Прежде всего, выступы это или углубления? Взглянем на рис. 33. Он изображает последовательные положения пятна, уносимого вращением Солнца. По мере того как пятно подвигается к краю Солнца, ядро исчезает из виду гораздо скорее, чем полутень. Это показывает, что пятно является воронкообразным углублением, как бы прорывом внутрь фотосферы, при чем ядро, это — дно, или самая глубокая часть, пятна, а полутень, это — боковая поверхность углубления. Однако не следует думать, что решительно все пятна — углубления. По видимому 12% всех солнечных пятен имеют иное строение.

Взглянем теперь на рис. 34, изображающий правильно построенное пятно воронкообразного вида. Внутри мы видим темную часть — ядро, вернее всего — середину уходящей во внутренние слои Солнца воронки. Боковая поверхность воронки — полутень, имеет как бы трубчатое строение; эти неопределенно уходящие вниз трубочки оказываются просто восходящими и нисходящими течениями, вполне напоминающими те, которые легко можно наблюдать в земной атмосфере. Протянувшиеся

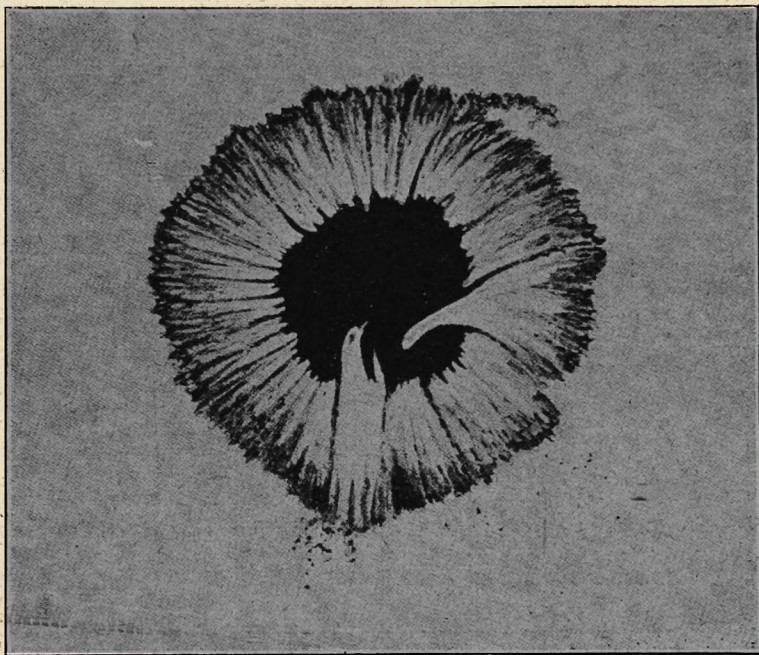


Рис. 34. Правильное пятно воронкообразного вида.

два языка, как бы стремящиеся ворваться внутрь пятна, показывают, что пятно неустойчиво и что окружающее вещество рано или поздно заполнит воронку. Иногда эти языки перекидываются через пятно в виде ярких мостов и делят его на несколько частей. С какой быстротой совершаются эти движения и превращения в пятнах, показывает рис. 35, где даются четыре изображения одного и того же пятна, сделанные через пять минут одно после другого. Глубина воронок была измерена и оказалась около 2.000—3.000 км; можно думать, что приблизительно такова же толщина фотосферы.

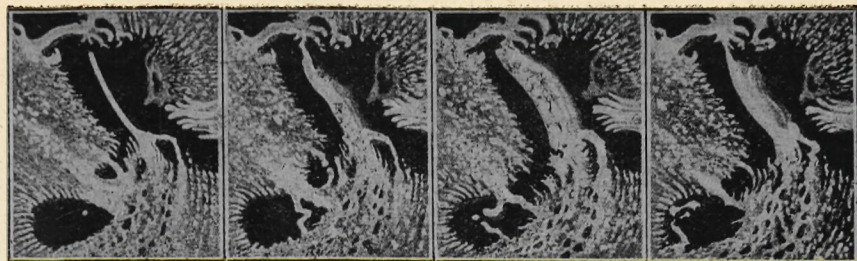


Рис. 35. Быстрые преобразования пятна.
1. В 17 час. 2. В 17 час. 5 м. 3. В 17 час. 10 м. 4. В 17 час. 15 м.

Мы видим, таким образом, что солнечные пятна никоим образом нельзя считать местами охлаждения и, следовательно, местами, где солнечная деятельность понижена. Наоборот, все показывает, что пятна и их окрестности являются местами, где солнечная деятельность чрезвычайно усилена. Легко себе представить, какими громадными перемещениями раскаленных газов должно сопровождаться образование факелов и пятен, какие извержения должны иметь место, и вполне естественно предположить, что эти изверженные газы можно видеть прямо в виде выступов у края Солнца, если только как-нибудь закрыть само Солнце. Такое закрытие имеет место во время солнечных затмений, когда Луна проходит между Землей и Солнцем и на несколько минут закрывает частично или целиком Солнце. Особенно важны именно полные затмения Солнца. Рис. 36 показывает, что бывает при этом видно. Круг Луны постепенно закрывает все большую и большую часть Солнца; вот оно закрыто все, и тогда по всему

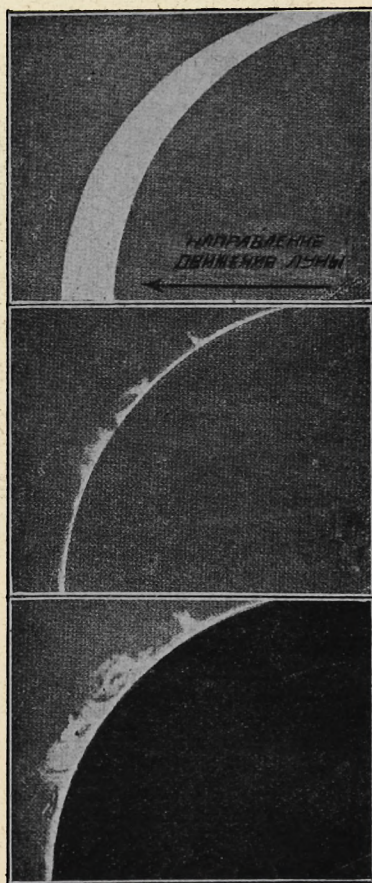


Рис. 36. Появление обращенного слоя и протуберанцев во время затмения.

краю вспыхивают яркие выступы. Мы видим, что действительно извержения газов есть, что выброшенные газы образуют выступы, или, как их еще называют, *протуберанцы*, над поверхностью фотосферы.

Полные солнечные затмения бывают редко, а благоприятное время для наблюдения солнечного края длится так мало, что если бы наблюдать протуберанцы можно было только во время затмений, мы знали бы о них слишком мало. К счастью, оказа-

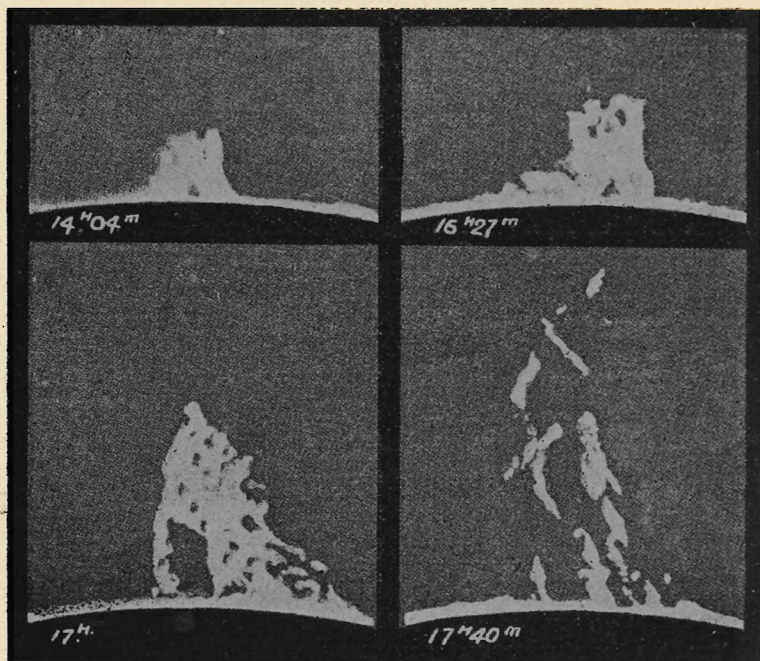


Рис. 37. Быстро движущийся протуберанец.

лось возможным наблюдать протуберанцы и помимо затмений, так что теперь мы располагаем большим количеством наблюдений, рисунков и фотографий. Взглянем на рис. 37. Мы видим, как быстро происходит перемещение вещества во время извержений на Солнце. Всего за четыре часа небольшой выступ превратился в целый огненный дождь. Чтобы иметь представление о размерах этих выступов, достаточно сказать, что протуберанец, наблюдавшийся во время полного солнечного затмения 29 мая 1919 года, имел 547.000 км в ширину и

310.000 км в высоту. Быстрота перемещения при этом может достигать нескольких сот километров в секунду.

На-ряду с этими быстро меняющимися выступами на Солнце наблюдаются и другие, более спокойные и более устойчивые, как будто показывающие другое время в жизни протуберанцев: изверженные массы газов, когда извержение кончилось, повисли в верхних слоях солнечной атмосферы и спокойно плавают в них, напоминая как бы облака, образующиеся после извержения земных вулканов. Это позволяет утверждать, что толщина солнечной атмосферы должна быть не меньше 25.000 км. Вместе с тем наблюдения во время затмений показывают, что этот слой солнечной атмосферы окрашен слегка

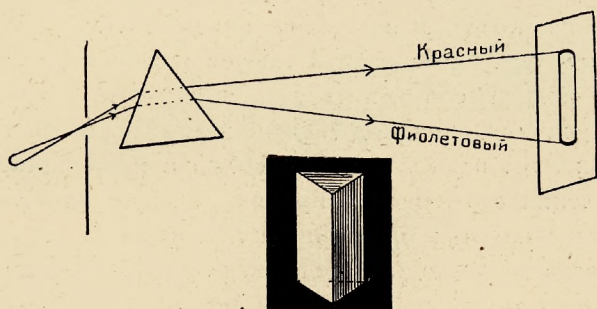


Рис. 38. Образование спектра.

в розовый цвет, и поэтому его называли *хромосферой*, т.-е. окрашенным слоем.

Мы уже несколько раз говорили о составе небесных светил, о составе их атмосфер; при этом мы не упоминали ни словом о том пути, каким получены эти важные данные. Мне кажется, что этот путь ясен — исследование света, посылаемого нам небесными телами; ведь, кроме света, мы от них ничего не получаем. Орудием для такого исследования служит чудесный астрономический и физический инструмент — *спектроскоп*. Устройство его основано на способности света при переходе из одной среды в другую (из воздуха в стекло или из воды в воздух и т. д.) преломляться, при чем свет различных цветов преломляется по-разному. Всякий видел раду, всякий видел также окрашенные зайчики, отбрасываемые гранями толстых зеркал. Проще всего это явление можно наблюдать следующим образом (рис. 38): через небольшую узкую щель в перегородке

пропустим тонкий пучок солнечных лучей; пусть этот пучок падает на призму; если бы солнечный свет состоял из одинаково преломляющихся лучей, мы получили бы светлое изображение щели на поставленном справа листе картона в виде белой линии; вместо этого мы получаем разноцветную полосу, направленную вниз, при чем выше всего лежит красный цвет, ниже всего фиолетовый, и при некотором внимании мы можем различить такую последовательность цветов: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Эти цвета постепенно переходят один в другой. Такое строение полосы показывает, что солнечный белый цвет состоит из огромного множества других цветов, при чем лучи разных цветов обладают разною преломляемостью; менее всего преломляются при переходе из воздуха в стекло красные лучи, больше всего фиолетовые, остальные располагаются между ними; таким образом наша полоса состоит из ряда линий — изображений щели, располагающихся одна под другой и сливающихся одна с другой. Эта полоса называется *спектром*, а наше приспособление для получения его — щель, призма и экран, лист картона — представляет из себя простейший *спектроскоп*. Если бы в солнечном свете не было определенных лучей, на соответствующем месте в спектре была бы темная полоса. Мы этого легко можем добиться, закрыв щель, например, красным стеклом; мы увидим, что вместо многоцветной полосы останется лишь часть ее красного цвета. Причина ясна: стекло пропустило лишь красные лучи и задержало все остальные. Этот опыт можно было бы весьма разнообразить, пропуская свет через различные прозрачные вещества. В зависимости от того, какое вещество и в каком состоянии мы берем, получаются самые разнообразные спектры. Оказалось, что каждое простое вещество имеет свой особый спектр, по которому его можно безошибочно узнавать. Точно так же, накаливая те или иные вещества и заставляя их светиться, можно исследовать их спектр, т.-е. состав испускаемого ими света; наконец, можно обращать вещества в крайне разреженные газы и пропускать через них электричество; тогда газ светится, и снова можно определять его спектр. Исследования этого рода постоянно производятся в научных и технических лабораториях для выяснения состава различных веществ — сплавов, горных пород и т. д.

Этого рода исследования выяснили, что доведенные до бе-

лого каления твердые и жидкие тела, а также раскаленные газы под очень большим давлением дают непрерывный спектр, в котором есть все цвета, все лучи. Наоборот, раскаленные газы и пары при обыкновенных давлениях дают спектр, состоящий из одной или нескольких ярких цветных линий. Так пары натрия, одной из главных составных частей поваренной соли, дают две очень близких желтых линии, пары рубидия — две красных, одну оранжевую и две синих линии и т. д.

Ближайшее исследование солнечного спектра показало, что он не является вполне непрерывным, и что в нем имеется значительное количество темных линий. Это открытие было сделано еще в 1817 году Фраунгофером, но только в 1859 г. было выяснено все его значение, когда Кирхгоф и Бунзен показали, что эти линии дают нам возможность определить химический состав солнечной атмосферы. Вот вкратце на простом примере сущность их открытия. Мы уже сказали, что раскаленный пар натрия дает две желтых линии. Пропустим сквозь этот пар свет от раскаленного твердого тела, имеющего более высокую температуру. Если бы свет не проходил через пар натрия, мы бы получили непрерывный спектр от красного до фиолетового цвета, но после прохождения этого света через пар натрия мы получим тот же спектр, но в нем будет две темных линии в желтой части, как будто пары натрия задержали соответствующую часть желтых лучей. Сравнивая положение этих темных линий с положением ярких линий в спектре паров натрия, мы найдем, что пары натрия поглотили как-раз те лучи, которые сами способны испускать. Кирхгоф и Бунзен показали, что это не является свойством только натрия, и что можно видеть здесь выражение более общего закона природы.

Таким образом, сравнивая положение темных линий солнечного спектра с положением светлых линий известных нам на Земле веществ, можно определить состав того газового слоя, через который проходят лучи раскаленной фотосферы на пути к нам. Спектроскоп этим самым дает нам возможность узнавать химический состав небесных тел с такою же точностью, как если бы исследование производилось на Земле в химической лаборатории. За 65 лет, протекших со времени этого великого открытия, несколько поколений астрономов, физиков и химиков трудились как над усовершенствованием самого прибора, так и над его всесторонними применениями. А применения оказались

гораздо более широкими, чем это казалось самим творцам спектроскопа. Теперь при помощи этого прибора, разделяющего свет на его мельчайшие составные части, определяется не только состав небесных тел, но и их температура, давление на них, плотность вещества. Более того, спектроскоп дает возможность определять скорость небесных тел по направлению к нам или от нас, их расстояние от нас; в соединении с некоторыми другими приспособлениями он позволяет слой за слоем исследовать атмосферу Солнца, исследовать распределение в ней отдельных газов. Он же позволяет нам видеть протуберанцы помимо затмений и фотографировать их. Он же дает нам возможность открывать такие двойные звезды, составляющих которых мы не можем разделить никакими из существующих зрительных труб, и об этих мирах мы часто благодаря ему знаем больше, чем о более близком к нам Нептуне или даже Меркурии. К сожалению, я лишен возможности рассказать читателю, как достигается все это: мне бы пришлось включить в мое изложение весь курс физики, а между тем нам еще предстоит длинный астрономический путь, и прежде всего нас ждет хромосфера.

Применение спектроскопа к хромосфере показало, что она состоит главным образом из водорода, но что между нею и фотосферой лежит очень тонкий слой из раскаленных газов, более разнообразный по составу, так называемый *обращающий слой*. Вот причина этого названия: фотосфера дает яркий сплошной спектр; после прохождения света через обращающий слой получается спектр с рядом темных линий; эти линии показывают, что в обращающем слое в раскаленном виде имеется значительное количество разных газов, но температура этого слоя ниже температуры фотосферы. Что было бы, если бы мы закрыли фотосферу и оставили только обращающий слой? Вместо яркого спектра с темными линиями мы увидели бы спектр из ярких линий, разделенных более темными местами. Иными словами, спектр *обратился бы*. Но как-раз при затмениях (см. рис. 36) темный круг Луны, надвигаясь на Солнце, закрывает фотосферу, и бывает один очень короткий миг, когда фотосфера закрыта, а обращающий слой еще виден. Этот миг как-раз соответствует среднему изображению рис. 36, и если мы наведем спектроскоп, мы увидим обращение спектра. Толщина этого слоя равна приблизительно 700 км.

Во время солнечных затмений бывает видно продолжение хромосферы — солнечная корона, состоящая как бы из расходящихся во все стороны лучей. Ее можно проследить на расстоянии, втрое превышающее солнечный поперечник, то-есть до

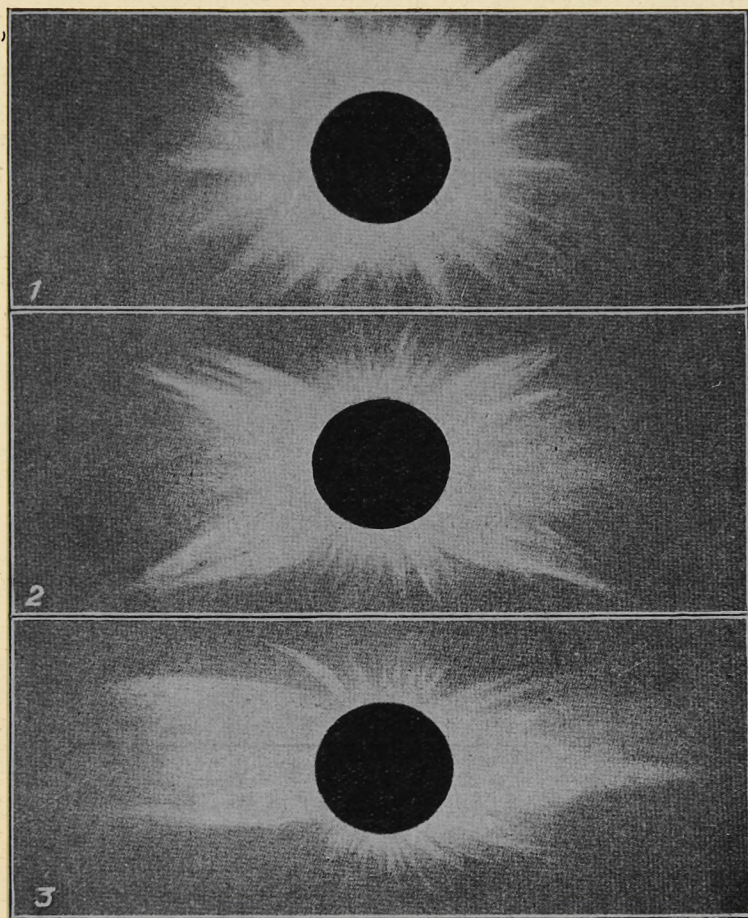


Рис. 39. Три главных вида солнечной короны.

4.000.000 км. Спектроскоп показывает, что свет короны отражен от твердых частиц, но, кроме того, имеются и крайне разреженные газы. Припомним теперь зодиакальный свет, эту пылевую атмосферу Солнца, о которой мы говорили в прошлой главе; припомним также происхождение кометных хвостов — этих потоков мельчайших частиц, гонимых давлением солнеч-

ных лучей,—припомним солнечные извержения... Не правда ли, материал достаточен, чтобы дать объяснение происхождения короны? Газы, выбрасываемые Солнцем с огромными скоростями, уже не могут быть удержаны солнечным притяжением; кроме того, на них действует давление солнечных лучей и гонит их все дальше; кроме того, частицы солнечной пылевой атмосферы под действием солнечных лучей как бы испаряются в пространство, и тут опять действует световое давление. С другой стороны, из пространства к Солнцу стремятся новые потоки метеоритов, непрерывно питающие его пылевую атмосферу; эта атмосфера питается также и теми выброшенными Солнцем газами, скорость подъема которых не очень велика. Так происходит около Солнца непрерывный круговорот вещества, длящийся неопределенно долго, но не вечно.

Итак, строение Солнца нам представляется следующим образом: внутреннее ядро, о котором мы пока ничего не знаем, затем слой в 2.500—3.000 км толщиной — фотосфера — слой вечно беспокойный, волнующийся, очаг постоянных бурь и извержений; над ним лежит очень тонкий (700 км) слой раскаленных газов — обрабатывающий слой, имеющий приблизительно тот же состав, что и фотосфера, но более холодный, а над ним огромной толщины (30.000 км) водородный слой — хромосфера; хромосфера постепенно, быть может переходя через слой других газов, превращается в пылевую атмосферу Солнца (зодиакальный свет). Сквозь эти слои от Солнца уходят в пространство мельчайшие частички вещества, гонимые световым давлением и и при этом наэлектризованные.

Наброшенная нами картина строения Солнца, однако, не полна в ней отсутствуют очень многие чрезвычайно существенные особенности солнечной деятельности, изучением которых мы сейчас и займемся. Говоря об Юпитере, мы уже обратили внимание на то, что Юпитер не вращается как твердое тело, но каждая точка его поверхности вращается тем быстрее, чем она ближе к экватору. Совершенно то же самое мы имеем на Солнце; при этом оказывается, что скорости вращения различны для различных видов образований, и наблюдая пятна, мы получаем другие скорости, чем наблюдая факелы. Нижеследующая табличка дает об этом представление:

Ш и р о т а	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Пятна	25,0	25,1	25,2	25,4	25,6	26,0	26,3
Факелы	24,8	24,8	24,9	25,1	25,3	25,6	25,9
Обращающий слой . .	25,2	25,2	25,4	25,6	26,0	26,4	26,9

Ш и р о т а.	35°	40°	50°	60°	70°	80°	
Пятна	26,8	27,2	—	—	—	—	
Факелы	26,3	26,7	—	—	—	—	
Обращающий слой . .	27,5	28,2	29,7	31,3	32,7	33,7	

Первая строка дает широту наблюдаемой точки на Солнце; вторая — продолжительность вращения вокруг солнечной оси в земных днях, выведенную из наблюдений пятен; третья — то же для факелов, и четвертая — для обращающего слоя. Мы видим, что разницы между широтами довольно значительны, и что говорить об общей скорости вращения для всего Солнца не приходится. Кроме того, повидимому и для каждого слоя скорость вращения иная. Так пятна дают скорость вращения фотосферы; непосредственно над фотосферой лежит обращающий слой, который вращается медленнее, чем фотосфера; с другой стороны, еще выше лежащие факелы вращаются быстрее, чем фотосфера и чем обращающий слой. Всем этим явлениям пока трудно дать какое-нибудь объяснение, тем более, что до сих пор не установлена степень ошибки, лежащей в подобных наблюдениях. Поэтому мы в дальнейшем используем лишь одну несомненную вещь: *скорость вращения поверхности Солнца тем больше, чем ближе наблюдаемое место к экватору.*

Перейдем теперь к тем изменениям, которые правильно повторяются в деятельности Солнца. Наблюдения за много десятков лет обнаружили, что бывают годы, когда пятна на Солнце почти отсутствуют; бывают другие годы, когда на Солнце очень много пятен; первая же попытка проследить из года в год как число пятен, так и размеры занимаемой ими площади на

Солнце, показала, что есть известная правильность в чередовании годов с наибольшим и наименьшим числом пятен. Оказалось, что годы с наибольшим числом пятен или, как говорится, годы *максимума* солнечной деятельности отделены друг

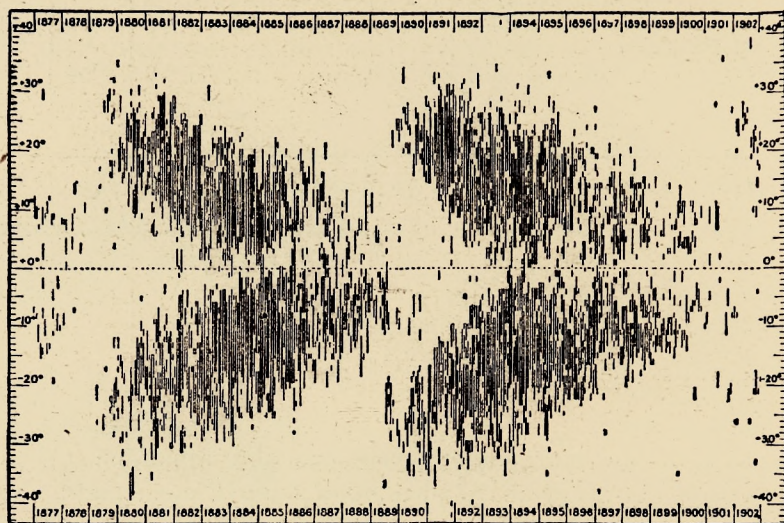


Рис. 40. Пояса Солнца, где образуются пятна.

от друга промежутком приблизительно в 11 лет (точно 11,1 лет); таким же промежутком отделены друг от друга и годы с наименьшим числом пятен или, как говорится, годы *минимума* солнечной деятельности. Иногда этот промежуток оказывается значительно больше, иногда значительно меньше 11 лет, но в среднем максимум от максимума отделен 11-ю годами. Нужно заметить при этом, что переход от максимума к минимуму происходит обыкновенно значительно медленнее, чем обратный переход: в среднем переход от максимума к минимуму занимает около $6\frac{1}{2}$ лет, а от минимума к максимуму около $4\frac{1}{2}$ лет. Промежуток времени в 11,1 лет называется *периодом* солнечной деятельности.

Пятна образуются далеко не на всех широтах. Обыкновенно пятна выше 35° широты очень редки, а выше 40° являются исключением. И здесь в распределении пятен по широте также есть известная закономерность. Во время максимума пятна образуются на высоких широтах около 35° ; потом, по мере перехода к минимуму, их средняя широта убывает, и во время минимума они образуются вблизи от экватора, а затем, когда

совершается снова переход от минимума к максимуму, пятна образуются на высоких широтах. На самом экваторе пятна довольно редки. Таким образом мы видим, что на Солнце есть две полосы — одна к северу от экватора, от 5° до 35° , и другая подобная ей к югу от экватора, — где пятна преимущественно образуются; наоборот в узкой полосе по экватору и затем в двух шаровых чашечках у полюсов пятна образуются довольно редко.

И наконец, расскажем еще об одной чрезвычайно важной особенности солнечных пятен — это об их вихревой природе. Взглянем на рис. 41, где изображены два очень правильно построенных пятна. Обратим внимание на расположение волокон фотосферы в непосредственном соседстве от пятен.

Волокна расположены так, как если бы пятна вращались, при чем верхнее явно вращается против стрелки часов, а нижнее по стрелке часов; линия EW , разделяющая их, изображает экватор. На Земле, в нашей атмосфере мы знакомы с подоб-



Рис. 41. Вихревые пятна.

ными вращательными движениями больших масс воздуха: это так называемые циклоны, торнадо, смерчи. Является вполне естественный вопрос, — нельзя ли рассматривать солнечные пятна, как своего рода вихревые бури в фотосфере Солнца, и нельзя

ли обнаружить в каждом солнечном пятне подобное вращательное движение. Этот вопрос долго ждал ответа, и только в наши дни Гэлю удалось обнаружить вращательные движения почти в каждом солнечном пятне; только сделано это было не прямым, а косвенным способом. Дело в том, что частицы солнечного вещества наэлектризованы; если мы заставляем наэлектризованные частицы обращаться по некоторому кругу, то их действие похоже на действие электрического тока, текущего по кругу, а подобный ток действует как магнит; таким образом наэлектризованное вещество, вращающееся вокруг края пятна, действует как магнит, и это известным образом влияет на строение посылаемых им световых волн; и вот спектроскоп

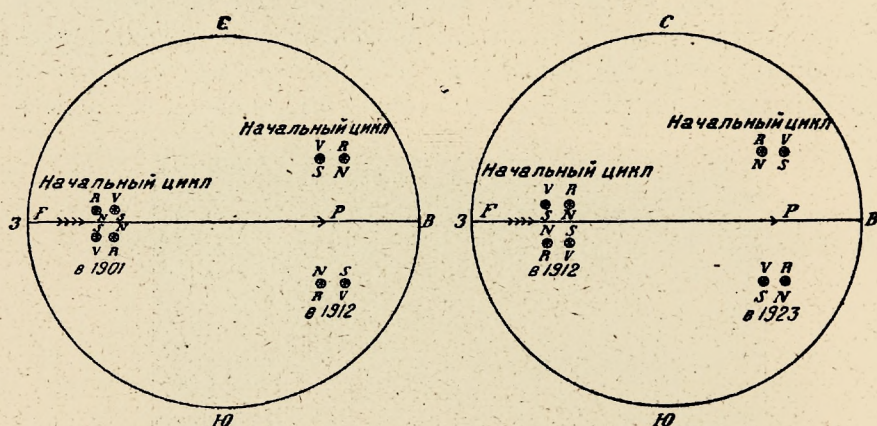


Рис. 42. Закономерности вращения солнечных пятен.

дал Гэлю возможность обнаружить намагниченность их, а этим доказывалась их завихренность. Оказалось, что направления вращений пятен в разных полушариях Солнца различны; вернее, была найдена более сложная закономерность. Дело в том, что пятна на Солнце обыкновенно появляются парами, при чем одно лежит перед другим; предположим, что в пятне, идущем впереди, вращение происходит по часовой стрелке: тогда в заднем пятне вращение будет происходить против часовой стрелки; наоборот в другом полушарии идущее впереди пятно будет вращаться против часовой стрелки, а следующее за ним — по часовой стрелке. Представим себе теперь (рис. 42), что заканчивается один период солнечной деятельности и начинается другой: около экватора имеется пара пятен — остаток старого

минимума, а на широте 35° появляется пара пятен — начало нового максимума. Каковы будут вращения в этих пятнах? Можно было бы ожидать, что — одинаковые, если обе пары находятся в одном полушарии. Оказалось наоборот: если переднее из пятен старого периода вращается по стрелке часов, то переднее из пятен нового периода будет вращаться против стрелки. Таким образом настоящим периодом солнечной деятельности нужно считать не 11,1 лет, а 22,2 года, так как только через 22,2 года повторяются и направления вращения пятен и их количество, и положение на поверхности Солнца.

Мы уже говорили о намагниченности солнечных пятен, намагниченности, которая объясняется их завихренностью. Изучая их магнитное состояние, можно определить и общее магнитное состояние Солнца. Оказалось, что на Солнце, как на Земле, имеются магнитные полюсы, которые не совпадают с полюсами вращения Солнца, а отстоят от них приблизительно на 7° . Полюсы вращаются вокруг оси Солнца за $31\frac{1}{2}$ земных дней, что повидимому показывает более или менее постоянное положение их на солнечной поверхности.

Намагниченность пятен чрезвычайно велика; поэтому вполне естественно их действие на магнитное поле Земли. Это действие проявляется когда магнитная ось или, что то же самое, ось завихренности пятна проходит через Землю. Тогда на Земле разражаются магнитные бури и полярные сияния. Эта зависимость была подтверждена многими наблюдениями; поэтому вполне естественно ожидать обилия магнитных бурь и полярных слияний во время обилия пятен на Солнце и наоборот, когда на Солнце пятен нет или мало, земное магнитное поле должно оставаться спокойным. Иными словами, количество нарушений земного магнитного поля и полярных сияний должно обладать периодом в 11,1 лет; это действительно имеет место. Обратно, магнитное поле Земли и других планет должно действовать на солнечные пятна. Было сделано несколько попыток найти в солнечной деятельности следы влияния планет, но пока без особенного успеха. Точно также совершенно не удалось попытки объяснить влиянием планет периодичность солнечной деятельности.

Нам остается еще познакомиться с химическим составом Солнца. Мы уже говорили, что повидимому в хромосфере преобладает водород; кроме того имеется гелий, кальций, а в

так называемых металлических протуберанцах — железо, титан, магний, скандий, стронций и алюминий. В обрабатываемом слое имеются почти все известные нам простые вещества: алюминий, барий, кальций, углерод, кобальт, хром, железо, водород, гелий, магний, марганец, натрий, никель, скандий, кремний, стронций, титан, ванадий, иттрий, цирконий. Эти же вещества и еще много других, в том числе цинк, медь, серебро, свинец, олово, калий, платина, кислород, азот, имеются в фотосфере. Кроме того имеются и некоторые из соединений простых веществ, очевидно тех соединений, которые устойчивы при высоких температурах. Гораздо большее число соединений найдено в пятнах, откуда вытекает, что температура пятен ниже, чем окружающей фотосферы. Несмотря на это, Солнце излучает больше тепла именно при обилии пятен.

После этого краткого очерка строения и деятельности Солнца перейдем к чрезвычайно важному вопросу о происхождении излучаемого им тепла. Мы уже упоминали, что оно очень велико; только незначительная часть его падает на планеты, и из этого количества большая часть уходит обратно в пространство и, следовательно, бесполезно теряется. Если бы поверхность

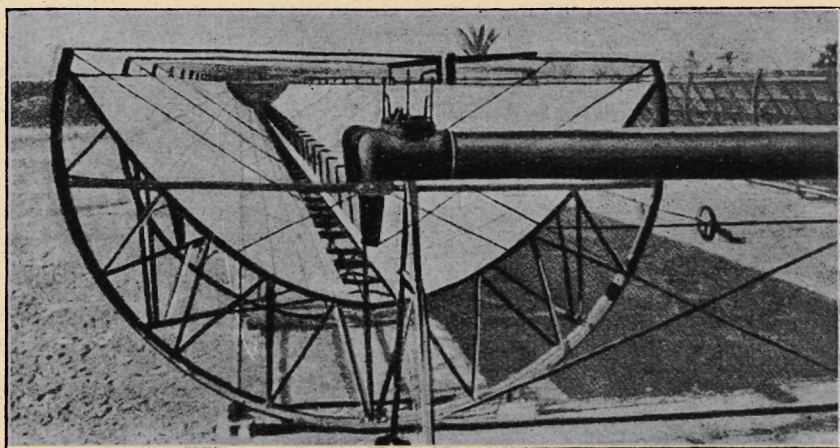


Рис. 43. Большие зеркала на солнечном заводе.

Земли была покрыта огромными лесами, растения накапливали бы солнечную энергию, и впоследствии человечество могло бы пользоваться этим запасом, как мы теперь в виде каменного угля пользуемся энергией, когда-то накопленной в первобытных

лесах. Однако возможно, что со временем в пустынных и диких местах, где много солнца и небо чисто, будут поставлены огромные зеркала (см. рис. 43), которые дадут возможность собирать солнечное тепло. Небольшая карта Земли (рис 44),

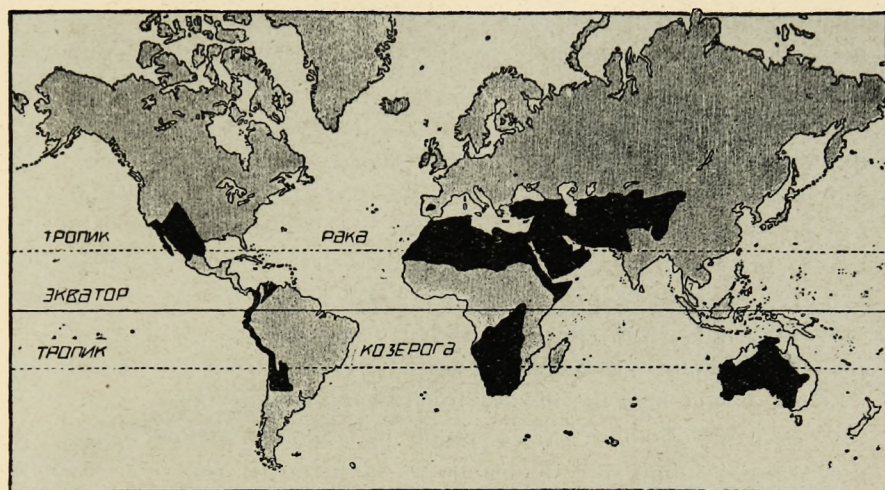


Рис 44. Удобные для накопления солнечной энергии места.

где зачернены местности, пригодные для накопления солнечной энергии, показывает, какими огромными возможностями может располагать человечество, когда истощатся запасы угля и нефти; мы уже говорили о силе приливов,—сейчас мы видели, что можно гораздо полнее использовать солнечное тепло, и наконец упомянем еще о третьем источнике энергии — силе ветра; поистине человечество гораздо богаче, чем ему кажется.

В какой мере излучаемое Солнцем тепло остается постоянным и каковы источники его пополнения? Если бы Солнце состояло из каменного угля, оно сгорело бы за несколько тысяч лет, и, следовательно, горение, т.-е. соединение кислорода с другими веществами, нельзя считать источником солнечного тепла, тем более, что климат на Земле за несколько тысяч лет истории человечества не изменился. По той же причине нужно отказаться от мысли, что солнечное тепло получается от других химических соединений, происходящих на Солнце.

Можно было бы думать, что солнечное тепло поддерживается метеоритами, падающими на Солнце еще в большем количестве, чем на Землю, и притом падающими с огромной ско-

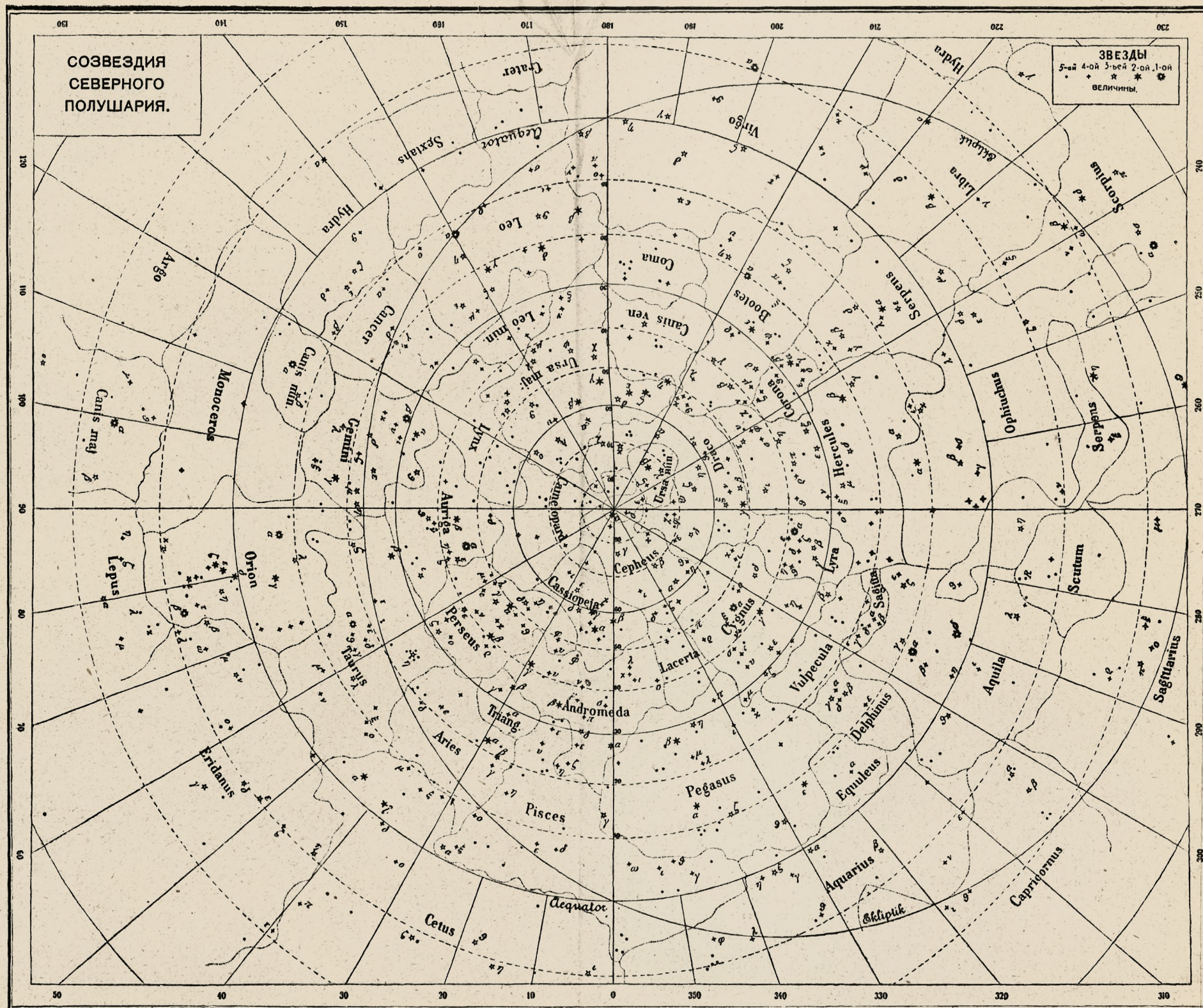
ростью до 600 км в секунду. При падении их на Солнце происходит внезапная остановка их движения, и получается большое количество тепловой энергии. Однако вычислили, что при этом происходило бы очень большое увеличение солнечной массы, которое заметным образом отозвалось бы на движениях планет, так что и падение метеоритов несомненно происходящее и поддерживающее солнечную энергию, все-таки недостаточно и не может считаться единственным источником. И вот является мысль, нельзя ли найти этот источник в самом происхождении Солнца, если допустить, что Солнце возникло из огромной постепенно сжимавшейся туманности и еще продолжает сжиматься; при этих условиях сокращения радиуса Солнца на 39 метров в год достаточно, чтобы поддерживать солнечную теплоту на современном уровне; с другой стороны, это сжатие так ничтожно, что даже за много веков наблюдений мы бы его не обнаружили, к сожалению; хотя этот источник энергии хорош со всех точек зрения, между прочим и с точки зрения будущего, так как он обещает для Земли и земного человечества еще много миллионов лет пользования солнечным теплом, но он не достаточен для прошлого. Дело в том, что за время, протекшее с возникновения Земли, воздвигались обширные горные хребты, состоящие из осадочных пород, и затем разрушались действием воды, воздуха, тепла, холода; если мы допустим, что разрушительное действие этих сил природы происходило так же, как теперь, то для полного срытия Альп понадобилось бы не менее 27 миллионов лет. Но только за время существования жизни на Земле горные цепи, подобные Альпам, выдвигались и разрушались по нескольку раз; таким образом со времени возникновения жизни на Земле должно было пройти не менее 100 миллионов лет. Ту же самую цифру мы можем получить другим путем, если подсчитаем, сколько времени было необходимо на развитие и преобразование различных видов животных и растений, населяющих Землю. А сколько времени должна была Земля просуществовать от состояния огненно-жидкого шара и до появления на ней жизни? Между тем можно легко определить, сколько времени понадобилось бы солнечной туманности для достижения современного состояния при условии, что излучаемое тепло было не больше современного. Мы получим не больше 50 миллионов лет, а если допустим, что раньше Солнце излучало больше тепла, то возраст его уменьшится.

Невозможность примирить возраст Солнца, как он получается при наших предположениях, и возраст Земли, заставила искать других источников для солнечного тепла. Такой источник может быть найден в распаде вещества. Распада небольшой части солнечного вещества может быть достаточно для покрытия всей потери лучеиспускания, и тогда нет необходимости думать, что совершающееся несомненно сжатие происходит так быстро. Возможно, что распад начинается благодаря крайне высоким температурам, господствующим внутри Солнца, и что раз начавшись, он не может остановиться. Тогда Солнцу суждено совершенно исчезнуть через много миллионов веков; уменьшение его массы повлечет за собою увеличение расстояний планет от Солнца, и, наконец, когда Солнце исчезнет,—мёртвые и потухшие планеты отправятся в разные места вселенной искать своей судьбы.

VI. СТРОЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЗВЕЗД.

В предыдущей главе мы много говорили о происхождении солнечной теплоты, об ее пополнении, об ее возможном источении. Мы говорили о конце Солнца, вернее об одном из возможных концов, но каково же начало? Нам частично приходилось говорить и об этом. Перед нами проходили и метеоритные и газовые туманности. Мы видели, как Луна когда-то оторвалась от Земли, и как отделялись кольца Сатурна. Вокруг Солнца еще и сейчас имеется обширная оболочка, часть которой мы видим как зодиакальный свет. Кроме того Солнце обладает обширной семьей планет, которые все обращаются вокруг Солнца в одном направлении по орбитам, почти лежащим в плоскости солнечного экватора. А три различных пояса, на которые естественно распадается солнечный мир — внутренние планеты, астероиды и внешние большие планеты! Разве все это не служит доказательством единства происхождения и Солнца и планет, не указывает, что когда-то Солнце было гораздо обширнее, и если сейчас в своих внешних и вероятно внутренних слоях оно представляет из себя газ, то раньше оно было газовой туманностью. Есть ли на небе другие доказательства этого? Мы уже говорили о туманностях. Можно ли установить связь между звездами и туманностями и наметить путь последовательного развития звезды от клочка туманности до Солнца? Будем проделывать этот путь шаг за шагом, подкрепляя наши умозаключения непосредственным свидетельством звезд.

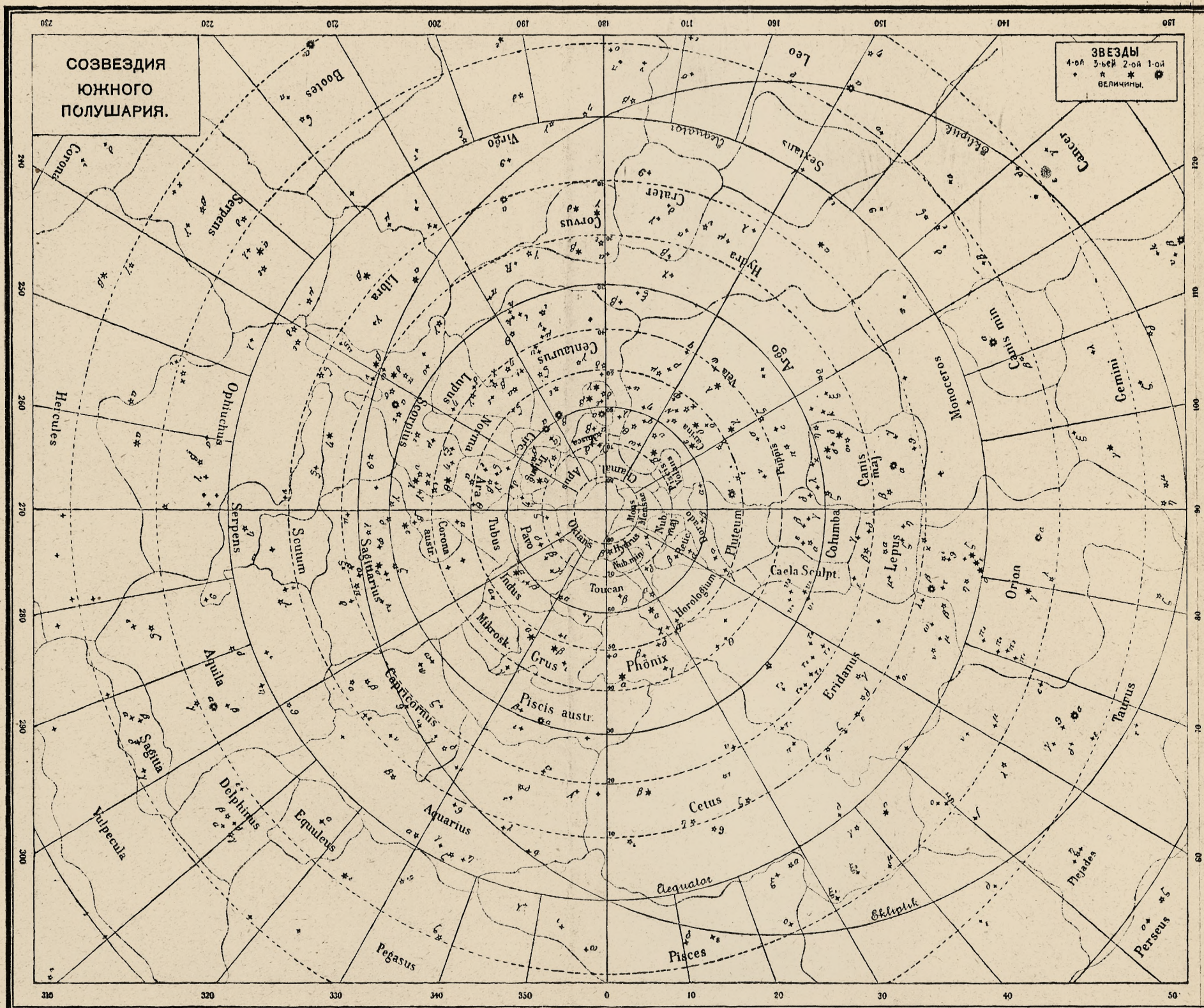
Начнем с одной из красивейших звезд на зимнем небе — Прокиона в созвездии Малого Пса. Это одна из наиболее известных звезд. Мы знаем ее расстояние от нас. Оно равно огромной величине 93 триллиона километров; свет, который проходит в секунду 300.000 км, употребляет $9\frac{1}{2}$ лет на путе-



Созвездия
северного полушария неба
и прилегающие к нему из южного.

Алфавитный указатель
международных (латинских)
названий созвездий и их
русский перевод.

Aquarius, Водолей.
Aquila, Орел.
Andromeda, Андромеда.
Argo, Корабль Арго.
Auriga, Возничий.
Bootes, Волочас.
Camelopardalis, Жираф.
Cancer, Рак.
Canis Major, Большой Пес.
Canis Minor, Малый Пес.
Canis Venatici, Гончие Собаки.
Carina, Киль.
Cassiopeia, Кассиопея.
Cepheus, Цефей.
Cetus, Кит.
Cygnus, Лебедь.
Coma Berenices, Волосы Береники.
Corona Borealis, Сев. Венец.
Crater, Чаша.
Delphinus, Дельфин.
Draco, Дракон.
Equuleus, Малый Конь.
Eridanus, Эридан.
Gemini, Близнецы.
Hercules, Геркулес.
Lacerta, Ящерица.
Leo, Лев.
Leo Minor, Малый Лев.
Lepus, Заяц.
Libra, Весы.
Linx, Рысь.
Lira, Лира.
Monoceros, Единорог.
Navis, см. Argo, Carina, Puppis, Vela.
Ophiuchus, Офиух, Змеедержец.
Orion, Орион.
Pegasus, Перас.
Perseus, Персей.
Pisces, Рыбы.
Sagitta, Стрела.
Sagittarius, Стрелец.
Scorpius, Скорпион.
Scutum, Щит.
Sextans, Секстант.
Serpens, Змей.
Taurus, Телец.
Triangulum, Треугольник.
Ursa Major, Большая Медведица.
Ursa Minor, Малая Медведица.
Virgo, Дева.
Vulpecula, Лисица.



Созвездия южного полушария неба.

Названия, встречающиеся на карте
и не указанные здесь, следует искать
в предыдущем указателе.

Arus, Райская птица.
 Ara, Жертвенник.
 Caela Sculptoris, Резцы или Мастерская Ваятеля.
 Chamaeleon, Хамелеон.
 Capricornus, Козерог.
 Centaurus, Центавр.
 Circinus, Циркуль.
 Columba, Голубь.
 Corona Australis, Южный Венец.
 Corvus, Ворон.
 Dorado, Дорада или Золотая Рыбка.
 Grus, Журавль.
 Horologium, Часы.
 Hydra, Гидра.
 Hydrus, Гидра Малая.
 Indus, Инд (или Индеец).
 Lupus, Волк.
 Malus, Мачта.
 Mensa, см. Mons Mensae.
 Microscopium, Микроскоп.
 Mons Mensae, Столовая Гора.
 Musca, Муха.
 Norma, Наугольник.
 Nubium Major, Большое Магелланово Облако.
 Nubium Minor, Малое Магелланово Облако.
 Octans, Октант.
 Pavo, Павлин.
 Pictor, см. Pluteum.
 Piscis Australis, Южная Рыба.
 Piscis Volans, Летучая Рыба.
 Phoenix, Феникс.
 Pleiades, Плеяды.
 Pluteum (Pictoris), Мольберт Живописца.
 Puppis, Корма (Корабля Argo).
 Reticulum, Сетка.
 Sculptor, см. Caela.
 Sextans, Секстант.
 Telescopium, см. Tubus.
 Tucana, Тукан.
 Triangulum Australe, Южный Треугольник.
 Tubus, Труба Астрономическая.
 Vela, Паруса (Корабля Argo).
 Volans, см. Piscis Volans.

шествие от Прокиона до нас. Если мы вернемся к сокращенному изображению солнечного мира в главе третьей, где один сантиметр изображал 10.000 км, Земля была вишней, а Солнце огромной тыквой на расстоянии 150 метров от вишни, то Прокион нужно изобразить другой тыквой, вернее двумя тыквами, так как эта звезда двойная, на расстоянии 93.000 километров от тыквы, изображающей Солнце. И между тем это одна из ближайших к Солнцу звезд!

Прокион двойная звезда. Он состоит из большой звезды, которая по массе равна Солнцу, и меньшей звезды, масса которой равна 0,4 солнечной массы; расстояние между ними равно приблизительно 12 расстояниям от Земли до Солнца, т.е. несколько больше расстояния Сатурна от Солнца. Время обращения меньшей звезды вокруг большей равно 39 годам. Сравнительная близость их расстояния между собою и значительность массы спутника показывают, как и в случае Земли и Луны, что эта пара возникла путем разрыва из одной массы. В солнечном мире мы видели, что чем меньше тело, тем оно скорее состаревается. Таким образом в мире Прокиона спутник должен представлять собою тело более остывшее и состаревшееся, чем главная звезда. А что показывает их свет? Главная звезда белая, быть может слегка желтоватая, и очень яркая; спутник имеет очень слабый блеск и, повидимому, слегка красноват. Отсюда как будто можно сделать вывод, что если мы видим отдельно белую и красную звезду, то красная является более состаревшейся и стоит на более нижней ступени развития.

Возьмем теперь другой случай — тоже двойную звезду η (Эта) Кассиопеи. Она также принадлежит к довольно близким от нас звездам: ее расстояние от Солнца равно 154 триллионам километров, и свет ее приходит за 16 лет. Из ее составляющих — одна значительно ярче и желтого цвета, другая слабее и красного цвета. Масса первой равна 0,6 солнечной массы, и второй — 0,4 солнечной массы. Отсюда как будто вывод, что красные звезды вообще менее ярки, чем желтые, и являются более состаревшимися. Точно таким же путем можно сделать вывод и о том, что белые звезды моложе желтых. В конечном счете мы получаем такую последовательность развития звезд:

белые звезды → желтые звезды → красные звезды.

Нельзя ли найти какие-либо другие признаки для определения возраста звезды? Такими признаками могли бы служить

химический^и состав и температура. Единственным вестником, дающим нам сведения о звездах, служит свет, и спектроскоп позволяет определять и температуру их и химический состав. Исследование этого рода показало, что данную нами выше последовательность нужно несколько расчленить, и что среди звезд одного и того же цвета можно наметить несколько переходных ступеней.

Изучение спектров звезд позволило разбить их на ряд так называемых спектральных классов, сводка сведений о которых дается в таблице 7.

Таблица 7. ДАННЫЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ЦВЕТА, ТЕМПЕРАТУРЫ И СОСТАВА ЗВЕЗД.

Обозначение	Цвет	Температура поверхности	Спектр	Примечание
<i>B</i>	Белый	12.000 ⁰ —15.000 ⁰	Преобладает гелий; имеется водород.	Гелийные звезды называются также звездами Ориона, так как их очень много в созвездии Ориона.
<i>A</i>	Белый	10.000 ⁰	Преобладает водород, имеется гелий, кальций, магний и нек. др. металлы.	Водородными звездами являются, например, Сириус и Вега.
<i>F</i>	Белый, иногда желтоватый	8.000 ⁰	Переходный от белых звезд к желтым звездам.	
<i>G</i>	Желтый	6.000 ⁰	Напоминает солнце.	
<i>K</i>	Желтый, иногда красноватый	4.500 ⁰	Имеются соединения простых веществ между собой.	Одним из образчиков является Арктур в созвездии Волопаса.
<i>M</i>	Красный	3.000 ⁰	Преобладают соединения.	Образчики: α Ориона, α Геркулеса.

Сообразно этому, развитие звёзд представляли себе ещё очень недавно чрезвычайно упрощенно: звезда начинает свое существование в виде готовой туманности, чрезвычайно нагретой; охлаждаясь, она становится белой звездой с преобладанием в атмосфере гелия (гелийной звездой или звездой *B*); из гелийной звезды она переходит в водородную звезду (звезду *A*), тоже белую; далее следует состояние переходное от белых юных звезд к зрелым желтым звездам; это переходное состояние обозначается *F*; далее следуют звезды, напоминающие во всех отношениях Солнце — желтые звезды *G*; при дальнейшем охлаждении звезда краснеет и становится желтовато-красной звездой *K*; далее идут совершенно красные звезды *M*, на поверхности которых уже преобладают химические соединения. Далее идут уже совсем потухающие звезды и, наконец, звезда превращается в потухшее тело. Однако впоследствии оказалось, что все это верно, но не совсем. Например, можно ли в каком бы то ни было отношении сравнивать главную звезду в созвездии Скорпиона Антарес и маленькую звездочку Грумбридж 34, хорошо нам знакомую, так как это одна из ближайших соседок Солнца.

Антарес — красная звезда с небольшим зеленоватым спутником. Размеры его были недавно определены; его поперечник

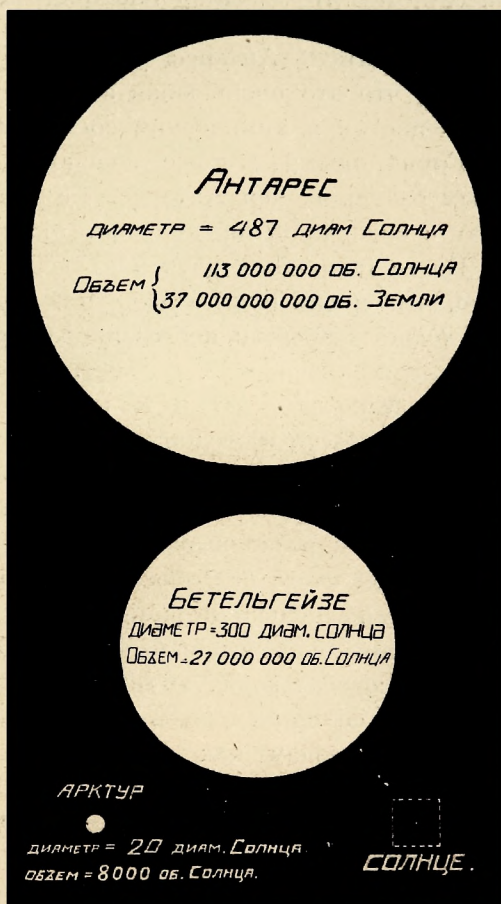


Рис. 45. Размеры некоторых звезд по сравнению с Солнцем.

равен 500 миллионам километров, так что находишь Антарес на месте Солнца, он простирается бы за орбиту Марса, и все внутренние планеты — Марс, Земля, Венера и Меркурий находились бы внутри его. Масса Антареса равна 15 солнечным массам, так что средняя плотность Антареса ничтожна: она не превышает $2/100.000$ плотности воды. Поэтому никоим образом нельзя считать Антарес умирающей звездой; можно скорее думать, что это очень юная звезда. Но если так, то как быть с его цветом и химическим составом?

Грумбридж 34 — тоже красноватая звезда, но совершенно иных размеров, чем Антарес. Ее масса очень мала по сравнению с солнечной, и, конечно, эта звезда — потухающее тело.

Более подробное изучение звезд *M* (красных звезд) показало, что среди них встречаются или яркие огромные звезды или очень слабые и небольшие. Средних по яркости и размерам среди красных звезд нет. Точно также среди желтых и красноватых звезд *G* и *K* имеются или яркие большие или средней яркости и средних размеров. Промежуточных по яркости и размерам звезд очень мало. Наконец, среди белых звезд есть некоторые различия по яркости и размерам, но эти различия не так резко выражены, как у желтых и красных звезд. В конечном счете все обстоит так, как если бы развитие звезд следовало несколько по иному пути, чем указанный выше.

В самом деле, выше мы имели как самую раннюю ступень в жизни звезды горячую газовую туманность без всяких указаний на ее происхождение. Однако этот взгляд неприменим к таким звездам как Антарес: ведь он сам при огромной массе красный и обладает гораздо меньшей температурой, чем его спутник, масса которого, вероятно, равна массе Солнца, а зеленоватый цвет свидетельствует об его принадлежности к звездам *A* или *F*. Поэтому возможно, что если иногда красная звезда является концом звездной жизни, то иногда она же бывает и началом, и что путь развития звезды несколько сложнее, чем думали раньше. Возможно, что звезда из красной и огромной газовой звезды, почти газовой туманности, как Антарес, становится желтой, потом белой, потом опять желтой и далее возвращается к красному цвету, но уже со значительно меньшим объемом и с истощенными жизненными силами. Допустим, что это так, и поищем, какое состояние предшествует состоянию красной огромной звезды. Повидимому, состояние

газовой туманности. А этому последнему? Повидимому состояние холодной метеоритной туманности. Но если так,—небо должно нам дать много примеров связи звезд с туманностями. И вот один из них: в ясную декабрьскую ночь часов в 10 станем лицом к югу; высоко слева мы увидим мерцание и присмотревшись мы увидим, что оно исходит от кучи мелких звезд, называемой Плеяды. На фотографии каждая звезда оказывается окруженной большою туманностью, при чем туманность заполняет все промежутки между звездами и окутывает всю звездную кучу. Спектроскоп показал, что это свет отраженный, так что очевидно туманность состоит из метеоритов; что же касается самих звезд, то это чрезвычайно яркие и огромные звезды *B* (гелийные звезды). Связь этой туманности со звездной кучей Плеяд несомненна, и все говорит за происхождение Плеяд из метеоритной туманности.

Остановимся еще на одной замечательной туманности — на огромной туманности Ориона, которая, повидимому, тесно связана со звездами созвездия Ориона. Под тремя звездами, носящими название Пояс Ориона, виднеется туманное пятно, которое на самом деле простирается гораздо дальше и занимает всю область Ориона. Спектроскопическое исследование этой туманности обнаружило очень любопытные вещи: в то время как более яркая часть ее светит собственным светом и состоит из газа, более отдаленные ее части светят отраженным светом и, повидимому, состоят из метеоритов. Повидимому газовая часть туманности имеет довольно высокую температуру. Различные части туманности движутся самым беспорядочным образом. Однако и в этом беспорядке есть известный порядок. Прежде всего в среднем вся туманность обладает тем же движением, что и окружающие звезды Ориона; затем более яркая ее часть, повидимому, вращается вокруг некоторой оси.

Чрезвычайно любопытный вид имеет область этой туманности около звезды (ξ та) Ориона (см. рис. 46). Большие светлые пятна — изображения более ярких звезд. Большое неправильное пятно в левом нижнем углу — яркая газовая туманность. От нее идут более темные места, которые заканчиваются светлой полосой, очень напоминающей освещенную Луну поверхность облаков. На этой полосе особенно замечательно темное пятно, повидимому являющееся темной непрозрачной метеоритной туманностью, которая лишь слегка с поверхности

освещена лежащей дальше звездой. Число звезд книзу от полосы значительно меньше, чем кверху, что объясняется не их отсутствием, а тем, что их затемняет туманность, лежащая между ними и нашим глазом. Несомненно область Ориона — это новое скопление звезд, пока еще не образовавшихся вполне. Когданибудь яркое пятно разделится на отдельные ядра, каждое из которых породит новые солнца. Метеоритные места туманности превратятся в газовые туманности с тем, чтобы потом образовать рои звезд, и там, где мы видим редкие гелийные звезды Ориона и огромную туманность, глаза другого человечества на другой планете в мире другого Солнца будут видеть огромное скопление звезд. Так создаются вселенные.

Таким образом желание выяснить историю Солнца привело нас к общему вопросу о развитии звезд, и идя назад в прошлое, мы незаметно дошли до огромных туманностей, из которых выходят огромные скопления звезд.

Пойдем теперь в обратном порядке — от метеоритной туманности к газовой, от газовой туманности к ее дроблению на куски и ядра, от туманного ядра к туманной звезде и от последней к Солнцу с его семьей планет. Возьмем сначала обширную метеоритную туманность, размера хотя бы туманности Ориона. Если мы предположим, что она лежит от нас на том же расстоянии, как звезды Ориона, то окажется, что свет ее доходит до нас за 650 лет, и тогда по самому скромному расчету ее поперечник равен десяткам миллионов поперечников земной орбиты, и свет употребляет на прохождение туманности Ориона несколько сот лет; но как мы увидим дальше, именно таков бывает размер обширных звездных скоплений, насчитывающих десятки тысяч звезд.

Поэтому мы можем без натяжки допустить такой размер метеоритной туманности.

Эта туманность является тем, что понимается под словом Хаос: каждый метеорит обладает своею скоростью движения, которая ни по размеру, ни по направлению, не зависит от скоростей других метеоритов. Конечно будут происходить столкновения. Мало того: целые потоки метеоритов будут перемещаться по разным направлениям и будут сталкиваться между собой. При столкновениях метеориты будут терять скорость, и часть энергии их движения пойдет на нагревание; быть может некоторые из них будут при этом обращаться в газ, но этот

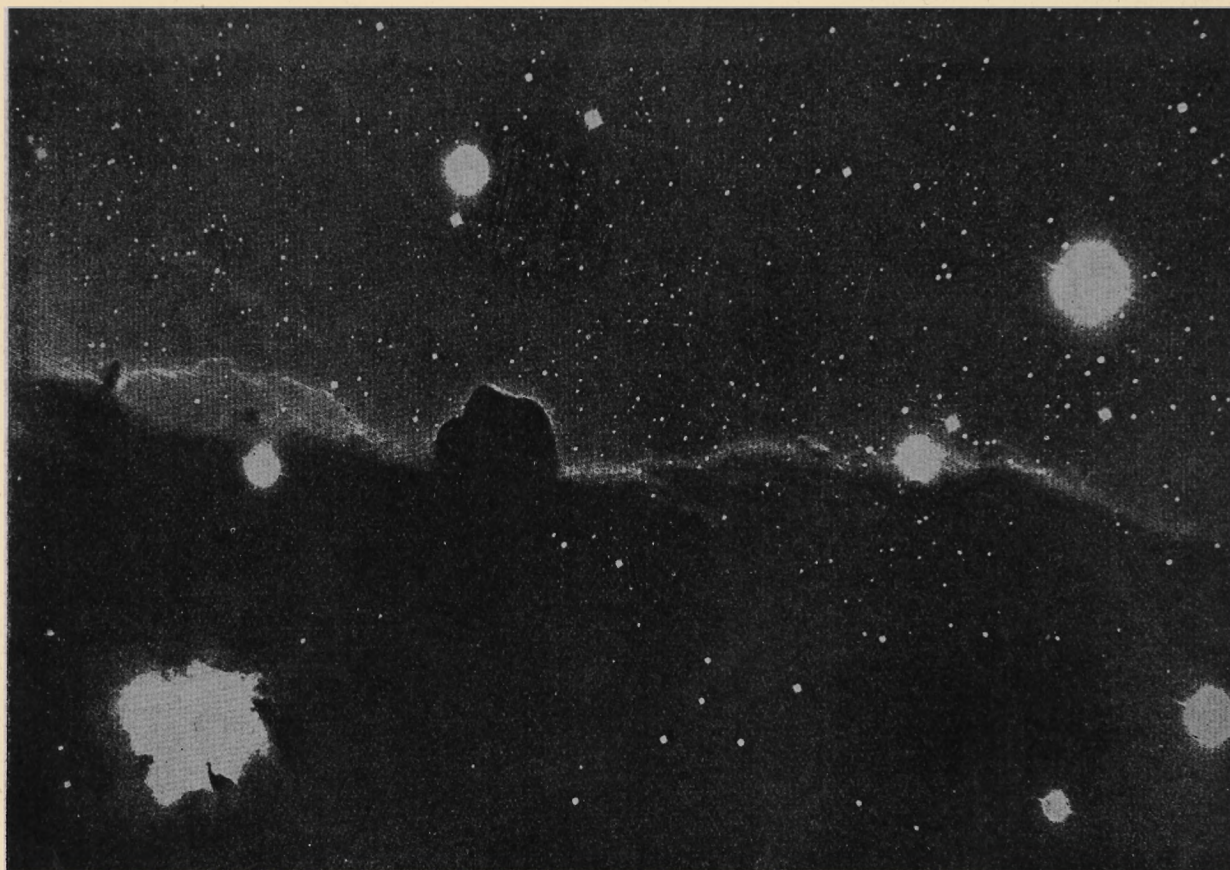


Рис. 46. Область зеты Ориона

газ будет быстро улечиваться в окружающее холодное пространство. Однако каков бы ни был исход столкновения, общая скорость столкнувшихся тел будет меньше, чем до столкновения, и при наших условиях влияние общей массы туманности будет сильнее. Столкнувшимся частицам будет труднее избежать притягивающего действия общего центра тяжести туманности. Благодаря этому начнется уплотнение туманности: к ее центру будет приток разогретого вещества, и мало-по-малу это вещество, разогреваясь от все более и более частых столкновений, превратится в газ. Так в середине метеоритной туманности возникнет обширная газовая туманность, все еще огромная по размерам и массе, такая, какую мы видим в средней части туманности Ориона. Эта газовая туманность, разогревшись до известного предела, начнет излучать свет, и это послужит причиной ее дробления. В самом деле, присмотримся ближе к ней и к действующим в ней силам. Их две, и действуют они наперекор одна другой: первая сила — это сила тяготения, так сказать, сила собирающая и созидаящая; другая сила — световое давление, о котором мы уже говорили, и каждая частица газа туманности испытывает на себе обе силы. Одна сила стремится притянуть частицу к центру туманности, а другая гонит частицу прочь. Какая же сила побеждает? Легко видеть, что в огромной разреженной газовой массе сила притяжения будет побеждена силой светового давления. Мы уже видели это на хвостах комет; более того, даже от поверхности могучего Солнца световое давление гонит частицы газов в пространство. Нечего и говорить, что достаточно будет самого ничтожного толчка, самой ничтожной неправильности в строении газовой туманности, чтобы она стала делиться на части. Взглянем на рис. 47, где изображена одна из красивейших туманностей. Разве не производят эти щели в газовой туманности впечатления, что здесь действуют мощные отталкивательные силы вроде светового давления? И несколько менее плотная туманность книзу от главной не кажется ли ее частью, отделившейся несколько раньше.

Некоторое время после первого деления разделившиеся части будут в состоянии устойчивости; приток метеоритов и естественное уплотнение будут идти своим чередом, пока не наступит снова преобладание лучевого давления над тяготением и не начнутся новые разрывы. До каких пор будет продолжаться это

деление газовой туманности? До тех пор, пока куски туманности не станут настолько малы, что при их дальнейшем развитии сила тяготения все время будет преобладать над силой лучевого давления. Произведенный Эддингтоном подсчет показал, что для этого масса куска туманности не должна превышать десяти солнечных масс; при исключительно благоприятных условиях, конечно, и более крупная масса может обратиться в звезду,



Рис. 47. Делящаяся на части туманность.

и мы такие исключения знаем, но огромное большинство звездных масс должно быть меньше этого предела.

Возьмем теперь один из таких кусков газовой туманности с массой не свыше десяти солнечных масс и проследим его дальнейшее развитие. Это будет скопление газа, неправильного вида, окруженное обширной атмосферой из метеоритов. Метеоритная атмосфера будет, конечно, общая для всех ядер, возникших после дробления туманности, но мало-по-малу, с обособле-

нием ядер и с увеличением расстояний между ними, число метеоритов будет увеличиваться у ядер и уменьшаться в пространстве между ними. Так возникнет у каждого ядра своя метеоритная атмосфера, более разреженная на больших расстояниях от ядра и более плотная вблизи от него. Кроме того будет существовать очень разреженная, общая для всех ядер, вышедших из одной туманности, метеоритная атмосфера.

Отметим одно важное обстоятельство относительно взаимоотношений между этой атмосферой и ядрами: ядра будут в ней перемещаться; чтобы понять это, достаточно взглянуть еще раз на рис. 49: совершенно очевидно, что после образования щелей световое давление разгоняет куски в разные стороны, и они получают некоторое движение друг от друга; что касается до метеоритной туманности, то она в общем и целом остается в покое, и куски должны двигаться в ней. После того как они отойдут друг от друга на известное расстояние, действие светового давления ослабеет, и возьмет верх сила притяжения. Хотя движения ядер будут очень сложными, но будут происходить они в метеоритной туманности. При перемещении куски газовой туманности будут как бы выметать пространство от метеоритов; метеориты, встречаемые при движении, будут образовывать сгущение впереди туманности, другие, миновавшие туманность, будут сталкиваться за нею и образуют сгущение сзади ее. Теперь коснемся важного вопроса о вращении ядер. Взглянем снова на рис. 49; возьмем любой из кусков первоначальной туманности и учтем все действующие на него силы: и световое давление, и притяжение других кусков, и собственное притяжение; все эти силы, конечно, не уравновесят друг друга так, чтобы масса просто перемещалась, не вращаясь, масса будет вращаться, и тогда благодаря трению в ней из придатков спереди и сзади образуется спиральная туманность, однако, совершенно непохожая на огромные спиральные туманности, о которых мы будем говорить дальше. И опять-таки не забудем, что и газовое ядро, и метеоритная спиральная туманность около него будут погружены в менее плотную метеоритную атмосферу.

Дальнейший путь развития звезды намечается сам собою, при чем нужно по отдельности рассматривать развитие самого газового ядра и развитие его атмосферы. Газовое ядро будет сокращаться, излучая энергию в пространство. При этом вращение его будет увеличиваться, благодаря чему полюсы при-

близятся друг к другу, а на экваторе образуется вздутие. Что касается до больших метеоритных масс, ранее непосредственно примыкавших к ядру, они останутся на прежнем расстоянии от центра туманности, продолжая обращаться вокруг ядра. Сокращаясь, газовое ядро будет оставлять кольца, об образовании которых мы говорили по поводу колец Сатурна. Метеоритные скопления, имеющие вид спиралей, начнут притягивать к себе метеориты, столкновения которых здесь будут происходить чаще, чем в других местах; в более плотном месте спирали начнут образовываться газовые ядра. Посмотрим теперь, что будет совершаться в метеоритной атмосфере. И там метеориты будут сталкиваться между собою, и вследствие этого приближаться к плоскости экватора газового ядра: не забудем, что ведь в этой плоскости лежит и плотное газовое ядро и плотная спираль; таким образом если метеоритная атмосфера раньше была шарообразна, то постепенно она будет уплощаться, все более и более приближаясь к плоскости экватора. Постепенно туманность в разрезе будет напоминать одну из туманностей рис. 26, а в плане мы будем видеть, если идти изнутри наружу, такую последовательность образований: 1) газовое ядро, все более и более становящееся звездой или, если угодно, Солнцем, 2) внутренние кольца, оставленные по мере сокращения газовым ядром, 3) внешнее метеоритное и, быть может отчасти газовое кольцо, в котором значительным уплотнением будет спираль.

Следующей ступенью развития будет проявление неустойчивости внешнего кольца: спираль раздробится на ряд ядер, которые послужат центрами сгущения, а само метеоритное кольцо разделится на ряд колец, и ядра, возникшие после распада спирали, будут выметать эти кольца, вбирая в себя их вещество. Легко видеть, что масса этих новообразующихся тел будет значительно больше, чем масса внутренних колец, покидаемых газовым ядром. Вследствие этого возникающие внешние планеты будут производить большие нарушения устойчивости внутренних колец, которые перестанут существовать как кольца и разобьются на ряд тел. Из этих тел образуются внутренние планеты. Наиболее неустойчиво будет кольцо, ближайшее к крупным внешним планетам, и из него не образуется одного или нескольких ядер сгущения; оно разобьется на множество мелких тел — астероидов. Мы видим, что у нас получается солнечная семья. Еще несколько слов о развитии газового ядра — будущего Солнца.

Это будет огромная очень разреженная масса раскаленных газов со значительной плотностью внутри и ничтожной плотностью снаружи, с огромной температурой внутри и сравнительно ничтожной снаружи. Чтобы дать об этом понятие, достаточно сказать, что, например, при средней плотности Антареса в две стотысячных части плотности воды, плотность у центра его должна быть около одной десятой. Вещество такой звезды — полупрозрачно, и таким образом излучает оно не поверхностью, а значительной частью своей массы. В начале своей жизни она будет красной или красноватой звездой огромной, как Антарес, быть может и значительно меньшей, но все-таки в тысячи раз больше по объему, чем наше Солнце. Излучая и даже очень сильно излучая энергию в пространство, звезда будет сжиматься и при том довольно быстро, так что благодаря сжатию ее температура будет повышаться; яркость ее будет оставаться без изменений, так как масса звезды от сжатия не меняется, а на этой ступени развития звезда все еще излучает значительной частью массы, а не поверхностью. Разреженное вещество звезды всего ближе будет подходить по своему состоянию к так называемым совершенным газам вроде воздуха: мы знаем, что если мы сжимаем воздух, уменьшая объем его вдвое, то давление его увеличивается тоже вдвое; наоборот, расширяя объем воздуха вдвое, мы уменьшаем давление его вдвое; поэтому-то мы можем надуть воздухом пузырь, и если мы вгоним в него через чур много воздуха, давление будет так сильно, что пузырь лопнет. Совершенно иначе ведут себя несовершенные газы, например водяной пар при невысоких температурах; вгоняя его в пузырь, мы будем только заставлять его осаждаться на стенках в виде капель воды, но надуть пузырь им будет невозможно. Нужно заметить, что в зависимости от температуры каждый газ может вести себя или как совершенные газы, или как насыщенный водяной пар. Совершенно ясно, что в жизни звезды чрезвычайно важен этот переход от газа совершенного к газу несовершенному, к сожалению, для понимания всех обстоятельств этого перехода необходимо обладание языком математики, а этого языка мы в нашей книжке избегаем. Итак, пусть пока вещество звезды является совершенным газом; в этом состоянии звезда называется великаном, так как она занимает огромный объем и очень ярка. Сжимаясь, она переходит из красного в желтый цвет, из желтого в белый цвет, и так как в излучении

участвует значительная часть ее массы, яркость звезды для наблюдателя со стороны остается постоянной или даже понемногу возрастает. Но вот наступило переходное состояние: газ перестает быть совершенным, и излучает лишь поверхность, как у Солнца, вещество звезды перестало быть прозрачным, звезда из великана становится *карликом*; при уменьшении объема уменьшается ее поверхность, уменьшается излучение, понижается в излучающем слое температура, и звезда из белой становится желтой, а из желтой — красной, а далее наступает смерть и, быть может преобразование.

В зависимости от массы звезда может и не пройти через все те ступени развития, которые мы набросали выше, или же пройти через большее их количество. Например, если масса очень мала, звезда может не достичь $12-15.000^{\circ}$, необходимых для состояния гелийной или водородной звезды; тогда она из красной станет желтой, а из желтой снова красной. Наоборот, если масса звезды очень велика, она может достичь температуры излучения до $20-25.000^{\circ}$, и тогда мы получим, быть может, одну из тех исключительных звезд, которые не подходят под очерченные выше виды и роды звезд и которые мы должны пока ставить особо. Наконец, если масса очень мала, может вовсе не образоваться звезды: масса не достигнет свечения.

Изучая деятельность Солнца, мы обнаружили в ней известные колебания с одиннадцатилетним периодом, а также большую скорость вращения частей Солнца на экваторе, чем вблизи у полюсов. Эти особенности тогда остались необъясненными. Попробуем теперь дать им объяснение, но предварительно скажем о тех изменениях яркости и состояния, которые замечаются у других звезд. Значительное число звезд принадлежит к так называемым переменным звездам. Изменения их яркости и физического состояния у одних звезд правильно повторяются, у других никакой правильности в этих изменениях до сих пор не обнаружено. Для некоторых звезд изменение яркости вызывается тем, что у них имеются темные спутники больших размеров, которые, обращаясь вокруг своих звезд, то становятся между нами и звездой, то бывают по ту сторону звезды. Такие звезды с затмениями можно всегда выделить потому, что изменения блеска сопровождаются и изменениями скорости движения звезд по направлению от нас или к нам. Иногда изменения блеска бывают тогда, когда звезда двойная, при чем обе со-

составляющие ярки; если плоскость орбиты их образует хотя бы маленький угол с лучем зрения, ни одна из составляющих не закрывает от нас другую, каковы бы ни были их взаимные положения; наоборот, если угол плоскости орбиты с лучом зрения очень мал, то за один оборот покрытие бывает дважды, при чем один раз одна, а другой раз другая составляющая становится между нами и своей соседкой; эти изменения блеска, конечно, тоже сопровождаются изменениями скорости.

Кроме затмений, могут быть и другие причины изменения яркости звезд. Дело в том, что развитие туманности в звезду очень редко идет так гладко, как мы описывали. На рис. 49 мы видим, например, что туманность распадается на очень неправильные куски. Нет сомнения, что и при дальнейшем дроблении куски будут неправильны, и газовое ядро с метеоритной атмосферой отнюдь не будет походить на шар. При последующем сжатии этого неправильно построенного клуба газов, клуб мало-по-малу примет более правильный вид, например, станет походить на шар или на шарообразное тело, сжатое у полюсов и вздутое у экватора, но следы прежних неправильностей строения сохранятся, и масса будет испытывать известные колебания и внешнего вида и внутреннего строения, колебания, которые более или менее правильно будут повторяться: например, скорость вращения будет уменьшаться, и тогда сжатие у полюсов будет становиться меньше, тело будет более походить на шар, затем скорость вращения будет увеличиваться, и тогда сжатие будет становиться больше, а вздутие у экватора будет усиливаться; затем скорость вращения снова уменьшается и т. д. Возможно и иное: тело обладает вытянутостью в двух противоположных точках экватора, и степень его вытянутости то уменьшается, то увеличивается. Наконец, сокращение объема у звезд-великанов, как мы видели, может идти быстро, и при этом температура звезды может так повыситься, что звезда опять расширится; за этим последует новое сокращение объема с новым расширением и т. д.; такое состояние тела называется *вибрацией*, а при вибрации могут весьма сильно меняться и яркость и физическое состояние звезды. Можно вообще сказать, что чем звезда моложе, тем сильнее будут сказываться первоначальные неправильности ее строения; поэтому можно ожидать, что наибольшее число переменных звезд будет принадлежать к звездам, стоящим на более ранних ступенях развития. Это

ожидание вполне подтверждается опытом. Таким образом можно утверждать, что огромное большинство звезд в начале своего существования были переменными звездами, и следы этой переменности в том или ином виде могут сохраняться очень долгое время. Поэтому и периодичность солнечной деятельности можно считать остатком и доказательством первоначальных неправильностей строения Солнца; возможно, что еще до сих пор вся масса его испытывает незначительные вибрации, которые от нас ускользают благодаря своей малости.

Теперь перейдем к неправильностям солнечного вращения. Отметим прежде всего, что метеоритная атмосфера Солнца имеет чрезвычайно уплощенный вид: мы уже видели, что зодиакальный свет скорее напоминает чечевицу. Несомненно эта атмосфера раньше была гораздо плотнее и содержала в себе большое количество газов. Таким образом солнечная туманность через некоторое время после отделения последнего кольца, из которого образовался Меркурий, имела такой вид: большой газовый клуб, напоминающий сильно сжатый у полюсов шар, находящийся внутри чечевицеобразной атмосферы из метеоритов и разреженных газов. При постепенном сокращении объема и того и другого чечевицеобразная атмосфера сокращается гораздо быстрее, скорость ее вращения при этом увеличивается и наконец становится больше, чем у внутреннего газового ядра. Благодаря трению она будет действовать ускоряющим образом на вращение ядра и, конечно, сильнее всего в области экватора. Если действительно таково происхождение неправильностей солнечного вращения, вращение зодиакального света и короны должно происходить быстрее, чем вращение самого Солнца. Действительно, некоторые наблюдения короны показывают, что она вращается в том же направлении что и само Солнце, но с гораздо большей скоростью.

До сих пор при выяснении хода развития звезд мы имели в виду наше Солнце. Однако наблюдения показывают, что значительная часть звезд весьма отличается от Солнца. В самом деле, припомним размеры тел солнечного мира: даже самое крупное из них — Юпитер — по массе в тысячу раз меньше Солнца, тогда как для многочисленных двойных звезд массы составляющих бывают обыкновенно одного и того же порядка. В настоящее время выяснено, что более трети всех звезд являются двойными, и вероятно со временем окажется, что поло-

вина всех звезд принадлежит к двойным или кратным. Таким образом, очевидно, есть какие-то общие условия, которые направляют развитие значительной части звезд по этому пути, и для нас было бы важно выяснить, какие именно. Прежде всего откинем совершенно случайные пары, когда две звезды, не имеющие ничего общего между собою, лежат почти на одном луче зрения. Таких пар очень немного, и исследование огромного большинства двойных звезд показывает, что это — действительно тесно связанные между собою пары.

Можно было бы думать, что двойные звезды возникают из различных ядер одной и той же туманности, располагавшихся достаточно близко одно к другому. Несомненно, что часть двойных и кратных звезд произошла этим путем; например, над средней звездой хвоста Большой Медведицы — Мизаром — имеется маленькая звездочка Алькор, которую легко найти простым глазом; между Мизаром и Алькором есть несомненная связь. Другим примером может служить ближайшая к нам звезда Альфа (α) Центавра. Она сама по себе двойная и состоит из двух приблизительно равных между собою составляющих; но кроме того на довольно значительном от нее расстоянии имеется маленькая звездочка Проксима (Proxima-Ближайшая) Центавра, которая обладает тем же движением, что и Альфа, и несомненно с нею связана. Наконец мы обладаем примерами и двойных туманностей. Однако было бы неправильно таким образом объяснять происхождение всех двойных звезд; наоборот, можно думать, что большинство двойных звезд произошли другим путем. В самом деле, если бы двойные звезды происходили только из смежных ядер одной и той же туманности, мы находили бы их на всех ступенях развития. Однако этого нет: из 3.919 двойных звезд, разделяемых глазом (визуальных):

157	принадлежат к гелийным звездам,
1251	„ „ водородным звездам,
532	„ „ переходным звездам от водородных к желтым.
1930	„ „ желтым звездам,
49	„ „ красным звездам.

Таким образом на ранних ступенях развития двойных звезд очень мало, тогда как на средних и более поздних ступенях их очень много. Однако более тесные пары не подда

ются даже сильнейшим телескопам, и их мы разделяем другим путем, именно, исследуя их свет при помощи спектроскопа. Из 605 двойных спектроскопических звезд

198	принадлежат к гелийным звездам,
161	„ „ водородным звездам,
61	„ „ переходным звездам от водородных к желтым,
166	„ „ желтым звездам,
19	„ „ красным звездам.

Для сравнения приведем распределение всех звезд видимых простым глазом: из них

696	принадлежат к гелийным звездам,
1885	„ „ водородным звездам,
720	„ „ переходным звездам от водородных к желтым,
2328	„ „ желтым звездам,
457	„ „ красным звездам.

Чтобы удобно было сравнивать эти цифры, переведем их в проценты,—мы получим:

Т а б л и ц а 8.

	Двойные, разделяемые глазом	Двойные спектроскопические	Звезды, видимые простым глазом
Гелийные звезды . .	4%	33%	10%
Водородные звезды .	32%	26%	23%
Переходные звезды .	14%	10%	14%
Желтые звезды . . .	49%	28%	45%
Красные звезды . .	1%	3%	8%

Эта таблица показывает очень любопытные вещи. Именно, среди более тесных (спектроскопических) пар изобилуют младшие — гелийные и водородные звезды, среди более широких пар изобилуют переходные и желтые звезды; красных звезд мало как среди тех, так и среди других. Для полного выяснения этого вопроса сделаем подсчет времен обращения и вытянутостей орбит для тесных и широких пар.

Таблица 9.

Число звезд		Среднее время обращения	Степень вытянутости орбиты
Тесные спектроскопические пары.	46	2,75 дней	почти круговая
	19	7,80 "	слегка вытянутая
	25	23 дня	вытянутая
	29	555 дней	вытянутая
Широкие визуальные пары.	30	31,3 года	значительно вытянутая
	20	74,4 "	еще сильнее вытянутая
	18	170 лет	еще сильнее вытянутая

Теперь припомним все, что мы в свое время говорили по поводу приливов, приливного трения и происхождения Луны. Мы видели, как единая раньше масса разорвалась на две и как постепенно обе части благодаря приливному трению отходили одна от другой, при чем орбита становилась все вытянутее и вытянутее, а время обращения все больше и больше. Там у нас не было никаких возможностей проверки правильности наших предположений. Посмотрим, не дают ли этой возможности двойные звезды. Сделаем одно допущение, именно, что двойные звезды образуются путем разрыва. Тогда наши таблицы нам сразу показывают, что это очень редко бывает с красными звездами — великанами, сравнительно редко с желтыми звездами великанами и очень часто с белыми гелийными и водородными звездами. Что происходит дальше? Благодаря приливному трению расстояние между составляющими увеличивается, время обращения увеличивается, и вытянутость орбиты тоже увеличивается. Наша последняя таблица именно это и показывает: оказывается, что действительно, чем больше время обращения, тем больше вытянутость орбиты. Следовательно среди каких звезд должно иметься больше широких пар — среди более молодых или среди более старых? Наши таблицы показывают, что их больше среди более старых — звезд карликов. Еще вопрос: ведь самые старые звезды — это красные звезды карлики, так почему же их отмечено так мало? Ответ совершенно ясный: потому что красные звезды — карлики так слабы по блеску, что они

ускользают от наших поисков; но если мы возьмем, например, 19 ближайших к Солнцу звезд, то из них будут двойными 8 звезд, и из этих последних 4, т.-е. половина, будут красными звездами — карликами. Кроме того нужно иметь в виду, что спутник красной карликовой звезды может уже быть совсем темным.

Итак мы видим, что подтверждение правильности наших предположений о происхождении Луны дают двойные звезды, а знакомство с Луною дало нам возможность объяснить происхождение двойных звезд. Однако нужно выяснить еще несколько вопросов. Как и почему происходит разрыв? Когда мы объясняли происхождение Луны, мы нашли, что разрыв мог быть вызван Солнцем. Для некоторых кратных звезд виновник разрыва часто также налицо. Возьмем, как пример, одну из самых красивых кратных звезд — Кастора в созвездии Близнецов. В трубу Кастор сразу виден как двойная звезда, при чем время обращения огромно: оно составляет около 350 лет; спектроскоп показывает, что в свою очередь каждая из составляющих является очень тесной двойной звездой, при чем в более яркой составляющей обращение происходит за 9 дней, а в более слабой за 3 дня. Таким образом Кастор является четверной звездой. Происхождение его, мне кажется, ясно: он развился из двух смежных ядер туманности, при чем каждое из них производило приливное действие в другом, и приливное действие вызвало деление обоих ядер. Вообще, как правило, можно сказать, что если мы видим тройную звезду, то расстояние между двумя из составляющих бывает очень велико, а третья составляющая лежит очень близко к одной из двух первых. В таких случаях опять-таки можно утверждать, что звезда была двойной, а потом приливное действие одной из составляющих вызвало разрыв другой. Обстоятельством особенно благоприятным для разрыва является быстрота вращения, увеличивающая неустойчивость тела, о чем мы уже говорили. Поэтому Солнце тем, что оно не разорвалось и не превратилось в двойную звезду, обязано медленности своего вращения.

В огромной туманности, которая разделилась на породившие звезды ядра, эти ядра находились еще довольно близко одно к другому и потому могли оказывать приливное действие друг на друга. Впоследствии расшатывающее действие других звездных скоплений, туманностей и звезд, образующих нашу звездную вселенную, могло заставить звезды разойтись в разные

стороны. Однако внутри больших звездных скоплений, как мы увидим в следующей главе, звезды лежат гораздо ближе одна к другой, чем в окружающем Солнце пространстве, и сближения их между собою могут происходить чаще. Это также может благоприятствовать образованию двойных и переменных звезд.

Отметим еще, как благоприятное для разрыва обстоятельство, неправильное строение большинства ядер, из которых произошли звезды. При быстром вращении звезды неправильность строения также может повлечь разрыв звезды и превращение ее в двойную звезду. Таким образом есть очень много причин, благоприятствующих образованию двойных звезд, и потому не приходится удивляться их обилию.

Нам нужно коснуться еще вопроса об образовании спутников. Мы видели, что крупные и обильные спутниками планеты, как Юпитер, возникли из кусков спиральной туманности. Представим себе такой кусок. Его более близкая к Солнцу часть будет двигаться гораздо быстрее, чем более далекая. Это вызовет вращение куска вокруг некоторой оси, и легко видеть из рис. 48, что это вращение будет обратное. Вращаясь, кусок свернется спиралью, и от конца спирали может отдделиться несколько кусочков, которые будут обращаться вокруг своей планеты в обратном направлении. Что же будет дальше? Планета будет все более и более сжиматься, а приливное действие Солнца будет замедлять ее вращение, пока планета не будет показывать Солнцу одну и ту же сторону; но это продлится очень недолго, и так как планета будет сжиматься, ее вращение ускорится. Будет ли оно прямое или обратное? Нетрудно убедиться, что оно было прямое уже тогда, когда планета показывала Солнцу одну и ту же сторону. Ускоряющееся вращение будет способствовать или образованию колец, о котором мы уже говорили, или, если спиральное строение не вполне исчезло, отделению ряда ядер от спирали. Эти ядра будут обращаться вокруг своей планеты уже по прямому направлению и послужат зародышами спутников. Для двух внешних планет Урана и Нептуна приливное действие Солнца ничтожно и потому обращения всех спутников этих планет и, повидимому, вращения самих планет обратны.

Наконец, два слова о кометах. Из предыдущего, мне кажется, вполне ясно, что кометы — это остатки первоначальной метеоритной туманности, блуждающие в пространстве, мало-по-

малу разрушающиеся и идущие на питание более крупных и более устойчивых тел. Так постепенно пространство очищается от этих остатков строительных материалов вселенной.

Мы проследили начало жизни Солнца и звезд, говорили о зрелом возрасте их, о старости, но какова же их смерть? По отношению к этому вопросу пока еще царит полная неопределенность. Мы видели, например, что Солнце, излучая энергию в пространство, вместе с тем раскидывает и свое вещество, и

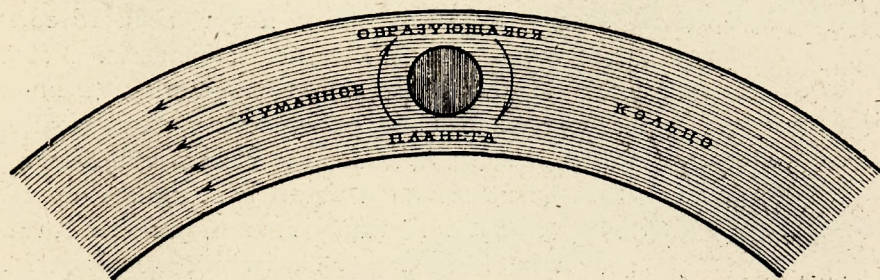


Рис. 48. Направление вращений в образующейся планете.

что значительная часть излучаемой энергии идет за счет разрушения вещества. Прекращается ли это разрушение, когда звезда гаснет; или раз начавшись, оно идет до конца? Пример планет как будто показывает, что разрушение прекращается, но вот какое здесь может быть возражение: планеты — тела с малой массой, а звезды с большой, поэтому на планетах ни снаружи ни внутри не могло быть температуры, достаточной для начала распада вещества, тогда как на звездах такая температура могла быть. И тогда опять вопрос: верно ли это для всех звезд или же только для особенно крупных. Таким образом судьба разных светил будет разная: одним суждено разле-

таться в пространстве, а другим в виде окоченелых трупов неопределенно долго в нем блуждать.

Это блуждание может быть неопределенно долгим, но не вечным. Потухшая звезда может столкнуться с другой потухшей или яркой звездой, и тогда обе погибнут во вспышке мирового пожара и обратятся в туманность, для которой жизненный путь начнется сначала. Может быть и иное: звезда встретится с метеоритной туманностью; если туманность достаточно плотная, а их взаимная скорость достаточно большая, удары метеоритов будут разогревать звезду и мало-по-малу могут вернуть ее к жизни, обратив в газ; тогда жизнь для нее начинается снова. Если звезда движется по отношению к туманности медленно, она послужит ядром для уплотнения туманности и, быть может, для образования новой звезды; продвигаясь сквозь туманность, она будет захватывать ее вещество и расти наподобие снежка, катящегося по свежему снегу. Эти мировые пожары мы время от времени наблюдаем в виде так называемых *новых звезд*: на месте, где раньше не видали никакой звезды или же видели очень маленькую, вдруг вспыхивает новая яркая звезда, которая после нескольких месяцев существования постепенно слабеет и вовсе исчезает или остается в виде очень слабой звезды. Иногда на месте такого небесного пожара остается планетная туманность, называемая так потому, что в слабую трубу она напоминает кружок планеты.

Замечательно, что новых звезд больше всего появляется там, где звезды гуще расположены, и там же больше всего и планетарных туманностей. Таким образом как будто оправдывается мысль, что новые звезды — это гибель миров при столкновении их между собою или с большими туманностями.

Наконец, даже если погасшая звезда с мертвыми планетами долгое время избегнет столкновения, все-таки она не избегнет разрушения. От холода междузвездных пространств, встреч с метеоритами (а мы на примере Луны убедились, как может быть сильно их действие, если его не тормозит атмосфера) мало-по-малу и звезда и планеты из плотных и твердых тел превратятся в скопления обломков, в своего рода метеоритную туманность, и рано или поздно этот строительный материал все-таки пойдет на образование новых миров, быть может после встречи с другой такою же туманностью. Во вселенной ничто не гибнет, но все преобразуется и все обновляется.

VII. СТРОЕНИЕ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ.

Небо—вверху, небо—внизу, звезды—
вверху, звезды—внизу, все, что вверху,
все и внизу, если поймешь, благо тебе.

До сих пор мы изучали развитие отдельных тел; мы говорили о происхождении Земли с ее спутником Луною, о Солнце и его семье, о происхождении двойных и кратных звезд. При этом нам пришлось встретиться с огромными туманностями, уплотнение и дробление которых порождает сотни тысяч звезд. Мы проследили развитие одного из этих ядер, чтобы объяснить происхождение солнечного мира, и указали, как первоначальные особенности строения ядра могут направить его развитие по другому пути и дать двойную или кратную звезду, а также звезду переменную. Теперь нам нужно изучить строение огромных звездных скоплений и выяснить их происхождение и судьбу.

Те немногие примеры звездных расстояний, какие мы дали, показывают, как скудно распределено вещество во вселенной. Ближайшая от нас звезда α (Альфа) Центавра расположена на расстоянии 41 триллиона километров. Мы уже видели, что если изобразить Солнце огромной тыквой в 1,5 метра в поперечнике, то расстояние от Земли до Солнца будет равно 150 метрам; тогда расстояние ближайшей звезды выразится сорок одной тысячею километров, т.-е. будет несколько больше окружности земного шара. Свет пробегает это расстояние за 4,3 года. Ввиду этого нельзя мерить звездные расстояния ни километрами, ни радиусами земной орбиты, и для них выбрана особая мера — *парсек*, который равен приблизительно 31 триллионам километров; свет проходит это расстояние приблизительно за сто миллионов секунд, или за три с небольшим года.

Чрезвычайно поучительно знакомство с ближайшим уголком вселенной — со всеми звездами, заключенными в шаре радиуса в 5 парсеков, объем которого равен 523 кубических парсеков. Число звезд в этом шаре равно 28, т.-е. на 19 куб. парсеков приходится приблизительно одна звезда. Запомним эту цифру: она нам очень понадобится. При этом замечательно, что внутри шара радиусом в два парсека находится 5 звезд; из них две — Солнце и Альфа Центавра — принадлежат к очень ярким, а другие три — к очень слабым, яркость которых меньше одной тысячной яркости Солнца. Если распределение звезд везде повторяется. эти самые ближайшие окрестности Солнца, то одна звезда приходится на 6 куб. парсеков. Нужно думать, что так оно и есть, что число очень слабых звезд значительно превышает число более ярких, но эти слабые звезды, расположенные на сколько-нибудь больших расстояниях, совершенно недоступны для наших средств наблюдения. Не менее замечательно также обилие среди ближайших звезд старых — желтых и красных звезд; их среди ближайших звезд более трех четвертей, тогда как среди 6.000 звезд, видимых простым глазом, их менее половины, а красных звезд вообще мало — только 7%; к красным звездам принадлежит более половины ближайших звезд.

Звезды в отличие от планет обыкновенно называются неподвижными звездами, но это неправильное и устаревшее выражение. На самом деле звезды движутся, при чем иные очень быстро. Благодаря этим движениям звезд картина неба меняется, правда, не очень быстро; человек, воскресший через 50.000 лет, не узнал бы многих знакомых ему созвездий и многих звезд. Движения звезд, на первый взгляд, направлены беспорядочно, как-будто случай давал им их скорости, однако несколько десятков лет тщательного их изучения дали возможность сделать чрезвычайно ценные выводы о строении вселенной. Уже знакомство с немногочисленными ближайшими звездами позволяет сделать один из этих выводов: более слабые звезды в среднем движутся гораздо скорее, чем более яркие, и чем меньше звезда, тем вероятнее, что она обладает большою скоростью.

Наше Солнце тоже движется и довольно быстро: скорость его равна приблизительно 20 км в секунду, и движение направлено в область созвездий Лиры и Геркулеса. Это движение было обнаружено впервые еще в XVIII веке творцом звездной астрономии Вильямом Гершелем, заметившим, что в одной

части неба кажущиеся смещения звезд таковы, как если бы звезды там сдвигались, а в противоположной — как если бы звезды раздвигались: это явление нам достаточно хорошо знакомо и по Земле.

Чрезвычайно важно знать, как звезды распределены по небу. Созвездия, которые мы неоднократно упоминали, за немногими исключениями не имеют ничего общего с действительным распределением звезд в пространстве. Две видимые рядом звезды могут быть разделены гораздо большим расстоянием, чем две другие, находящиеся в разных полушариях неба. Вот поразительный пример: в созвездии Большой Медведицы, украшающем наше северное небо, часть звезд образует скопление, обладающее общим движением в пространстве. К этому же скоплению принадлежит блестящий Сириус, самая яркая звезда нашего неба, находящаяся в южном полушарии. Таким образом созвездия — это чисто-случайные объединения звезд, бросившиеся в глаза древним астрономам и получившие названия по сходству с какими-либо предметами или по каким-либо другим соображениям. Не имея астрономических инструментов, первые наблюдатели неба были принуждены этим несовершенным способом определять положения светил на небе. Для нас гораздо важнее другие объединения звезд — звездные рои, звездные скопления, имеющие общее движение и общее происхождение.

Основною работы по звездной астрономии является измерение яркости звезд. Это измерение довольно произвольно, так как если легко сказать, какая из двух звезд ярче, очень трудно сказать, насколько. Существующее распределение звезд по яркости, конечно, произвольно, но оно выработалось давно и представляет значительные удобства. Оно основано на том, что звезды каждой величины считаются в два с половиной раза ярче звезд последующей величины и в два с половиной раза слабее звезд предыдущей величины: звезды первой величины в два с половиной раза ярче звезд второй величины, которые в $2\frac{1}{2}$ раза ярче звезд третьей величины и т. д. Кроме того, установлены дробные указатели величины для звезд, по яркости лежащих между двумя какими-либо последовательными величинами. Звезды седьмой величины видны только для людей с хорошим зрением, а дальше идут телескопические звезды, видимые (до 17-й величины) в телескопы. Дальше 17-й величины человеческий глаз уже ничего не видит даже в

лучшие телескопы, и на помощь приходит фотографическая пластинка.

Сама по себе кажущаяся яркость звезды не доказывает ни близости ее к Земле, ни ее действительно большей, чем другие звезды, яркости. Мы уже указывали, что среди ближайших к Земле звезд действительно ярких очень мало. Наоборот, среди 20 наиболее ярких звезд очень мало таких, расстояния которых надежным образом определены. Дело в том, что кажущаяся яркость зависит также от расстояния, и если расстояние больше вдвое, то яркость меньше вчетверо, если расстояние больше втрое, то яркость меньше в девять раз, и т. д. С этим все хорошо знакомы из земных наблюдений: маленькая лампа на столе лучше светит, чем большой фонарь на другой стороне улицы. Однако, в среднем, звезды первой величины ближе к нам, чем второй, звезды второй величины, в среднем, ближе, чем третьей и т. д. Поэтому кажущаяся яркость позволяет строить чрезвычайно полезные догадки относительно распределения звезд в пространстве. Конечно, было бы лучше, если бы мы знали расстояние от Солнца каждой наблюдаемой нами звезды, но пока этого нет, мы принуждены довольствоваться тем, что есть.

Для распределения на небе звезд всяких величин чрезвычайно важен Млечный Путь, эта широкая и длинная слабосветящаяся полоса, тянущаяся через все небо. Для простого глаза Млечный Путь — просто мерцающая туманность, но самая маленькая труба, даже театральный бинокль сразу показывают, что Млечный Путь состоит из миллионов мельчайших звезд, из которых одни лежат ближе к нам, а другие на огромных, почти неизмеримых расстояниях, и какой бы огромный телескоп мы ни направляли на Млечный Путь, все еще остается туманное мерцание, не разложенное на отдельные звезды. Каково строение Млечного Пути? Кольцо ли это или чечевицеобразное тело, внутри которого находится наше Солнце? Какое отношение к Млечному Пути имеют видимые нами в других частях неба звезды? Чтобы ответить на эти вопросы, прежде всего нужно выяснить, как распределены на небе звезды, начиная от видимых простым глазом и кончая самыми слабыми телескопическими звездами. Прежде всего скажем, как видимые простым глазом звезды распределяются по величинам; мы имеем:

Звезд более ярких, чем

Первой величины	14 звезд
Второй "	39 "
Третьей "	105 "
Четвертой "	445 "
Пятой "	1.460 "
Шестой "	4.720 "

Среди них звезд ярче второй величины почти в три раза больше, чем ярче первой, звезд ярче третьей величины почти в три раза больше, чем ярче второй и т. д. Если мы перейдем к телескопическим звездам, то получим:

Звезд ярче

Седьмой величины	15.000 звезд
Восьмой "	46.100 "
Девятой "	139.000 "
Десятой "	379.000 "
Одиннадцатой "	1.020.000 "
Двенадцатой "	2.580.000 "
Тринадцатой "	5.970.000 "
Четырнадцатой "	13.100.000 "
Пятнадцатой "	27.500.000 "
Шестнадцатой "	57.000.000 "

Мы видим, что для телескопических звезд сначала, как и для видимых простым глазом, число звезд каждой величины приблизительно в три раза больше числа звезд предыдущей величины, но это отношение понемногу падает, и, начиная с тринадцатой величины, число звезд каждой величины уже только в два раза больше числа звезд предыдущей величины; таким образом, если мы примем, что распределение звезд вблизи от Солнца (т.-е. в пределах средних расстояний звезд, видимых простым глазом) равномерно, то более мелкие звезды (13-й, 14-й и т. д. величин) окажутся распределенными более редко; иными словами, уже на этих расстояниях мы оказываемся не так далеко от границ нашего звездного скопления.

Теперь посмотрим, каково отношение этого скопления к Млечному Пути. Возьмем площадь на небе в один квадратный градус (она равна приблизительно площади, занимаемой на небе пятью полными Лунами) и подсчитаем, сколько окажется звезд на такой площади как в самом Млечном Пути, так и на различных от него расстояниях.

Оказывается, что на этой площади из звезд ярче 9,5 величины будет находиться:

У полюсов Млечного Пути	8,5 звезд
В самом Млечном Пути	79,3 "
На полпути от полюсов М. П. к Млечному Пути	10 "

Таким образом мы видим, что эти звезды расположены тем гуще, чем ближе к Млечному Пути. То же самое имеет место и для звезд 'всяких величин'; при этом, чем мельче звезды, тем сильнее они сосредоточиваются к Млечному Пути. Так, по подсчетам Гершеля для звезд до 14-й величины на один квадратный градус приходится:

У полюсов М. П.	405 звезд
В самом Млечном Пути	6.920 "

Несомненную связь с Млечным Путем показывают и другие небесные тела, с которыми мы познакомились на предшествующих страницах, а именно,—большие неправильные газовые туманности, неправильные и разбросанные звездные скопления, планетарные туманности; кроме того, новые звезды появляются если не исключительно, то преимущественно в Млечном Пути. Это показывает, что Млечный Путь, если не составляет всей звездной вселенной, во всяком случае, является одной из важных его частей.

Млечный Путь влияет не только на распределение звезд, но и на их скорости: они предпочтительно направлены к Млечному Пути. Нужно заметить, что и движение Солнца лишь незначительно отклоняется в сторону от Млечного Пути.

Скорости многих звезд так близки между собою, что кажется вполне естественным объединять их в движущиеся скопления, состоящие из звезд, расположенных близко одна от другой и движущихся с одной и той же скоростью. Одним из таких скоплений является, например, скопление Большой Медведицы, к которому принадлежит часть наиболее ярких звезд Большой Медведицы и Сириус. Оно состоит из очень ярких и молодых звезд, среди которых блестящий Сириус является далеко не первым: только благодаря большому расстоянию другие звезды скопления кажутся нам меньше Сириуса. Общая скорость скопления равна 18,4 км и направлена в южную часть созвездия Рыси, не особенно далеко от Млечного Пути. Чрезвычайно любопытно расположение скопления в пространстве: оно

напоминает плоскую чечевицу толщиной в 4 парсека и с поперечником около 50 парсеков. Нет сомнения, что оно не исчерпывается теми двумя десятками звезд, которые мы в нем знаем, и что к нему принадлежат многие сотни гораздо более мелких звезд. Таким же скоплением являются Гиады в созвездии Тельца, где общим движением в 33 км в секунду обладают несколько десятков звезд. Замечательно также звездное скопление, называемое скоплением звезды β Лебеда и движущееся со скоростью 80 км в секунду. Звезда β Лебеда одна из близких к Солнцу: ее расстояние равно 3,5 парсекам (расстояние Альфы Центавра равно 1,3 парсека, расстояние Сириуса 2,7 парсека); расстояние другой из звезд этого скопления ϵ (Епсилон) Индийца равно 4,5 парсекам. Мы видим, что в ближайших окрестностях Солнца находятся два звездных скопления, движущихся по разным направлениям и с разными скоростями, при чем в области каждого из них находятся как звезды других подобных скоплений, так и звезды-одиночки, и, однако, эти скопления проходят одно через другое, не задевая друг друга, повидимому, не оказывая одно на другое очень сильного влияния. Нужно думать, что каждое из них возникло из отдельного куса огромной туманности, и деление на ядра шло так равномерно, что получившиеся звезды, обладая общим движением, не оказывают заметного влияния друг на друга. Возможно, что первоначально скопление состояло из большего числа звезд, но некоторые из них проходили слишком близко от звезд других скоплений, изменили свое движение и оказались потерянными для скопления. Вероятно со временем, когда мы познакомимся со звездными движениями более полно, будут выделены из хаоса звезд и звездных движений многие другие скопления.

На-ряду со скоплениями вроде описанных, где каждая из звезд имеет одну и ту же скорость, и где расстояния между ними так велики, что взаимные влияния звезд ничтожны, нужно поставить другие, как, например, Плеяды, где на-ряду с общим движением всего скопления имеются еще движения отдельных звезд, несомненно определяемые их взаимным притяжением. Причина такого отличия Плеяд совершенно ясна. Если принять, что расстояние Плеяд от нас равно 100 парсекам, то весь объем, занимаемый главной частью скопления, будет равен приблизительно 200 куб. парсекам, и в этом объеме находится, по меньшей мере, несколько сот звезд, так что в одном куби-

ческом парсеке имеется по несколько звезд; напротив, и в звездном скоплении Большой Медведицы и в Гиадах одна звезда приходится на несколько парсеков. Отсюда ясно, что звезды в Плеядах расположены гораздо теснее и могут заметно влиять друг на друга. Еще заметнее эти влияния будут в многочисленных скоплениях звезд, содержащих часто по несколько тысяч и даже по несколько десятков тысяч звезд. Таких звездных скоплений в области Млечного Пути чрезвычайно много.

На-ряду со скоплениями нужно упомянуть звездные потоки, впервые обнаруженные Каптейном. Дело обстоит так, как если бы встретились два звездных скопления разного возраста и разного строения. Каждая звезда в них имеет и свою собственную скорость, но все вместе они несутся с общей скоростью в пространстве наподобие пчелиного роя или тучи мошек. Расстояние между звездами так велико, что оба роя свободно проникают друг в друга, не подвергаясь опасности частых столкновений звезд между собою. Вероятно в Млечном Пути имеется много других роев и звездных потоков.

Огромные расстояния, которые мы называли, показывают, как велико наше скопление звезд. Чрезвычайно любопытно и важно знать, каковы его размеры. Те подсчеты звезд различных величин, о которых мы упоминали выше, дают известную возможность ответить на этот вопрос.

Мы уже говорили, что звезды редеют по мере того, как мы уходим от центра нашего скопления. Тщательные исследования голландского астронома Каптейна позволили определить и меру этого поредения. Ясно, что по направлению Млечного Пути поредение идет гораздо медленнее, а к полюсам Млечного Пути гораздо быстрее. Практически можно считать, что в направлении Млечного Пути граница нашего скопления лежит на 10.000 парсеков, а к полюсам на 1.750 парсеков. Скопление похоже на чечевицу с поперечником в 20.000 парсеков и толщиной в 3.500 парсеков, и свету нужно от 10.000 до 60.000 лет, чтобы пройти через него. Число звезд в нем нужно считать около миллиарда, а если прибавить те многочисленные мелкие звезды, которые мы обнаружили исследованием ближайших солнечных окрестностей и которые на более далеких расстояниях ускользают от наших инструментов, то число звезд будет в несколько миллиардов. Составляет ли этот огромный мир весь Млечный Путь или же это только его срединное скопле-

ние? Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к изучению новых небесных предметов — шаровых звездных куч и спиральных туманностей.

Шаровые звездные кучи, это — одно из прекраснейших зрелищ, какие может нам дать звездное небо. Взгляните на рис. 49 и представьте себе блеск десятков тысяч мелких звездочек, образовавших такое совершенное по виду скопление. Пред-



Рис. 49. Шаровая звездная куча Геркулеса Messier 13.

ставьте себе, что каждая из них — огромное Солнце, увлекающее за собою десятки планет и описывающее за миллионы лет огромную орбиту внутри скопления. И если я скажу, что внутри таких скоплений на один кубический парсек приходится по нескольку ярких звезд, вообразите себе сияние звездного неба для одной из планет какой-либо из этих звезд! Наши самые яркие звезды Сириус и Вега — ничто перед ними. И вместе с тем то небо более живое, чем наше, так как те звезды движутся быстрее. Но за красоту неба там есть и рас-

плата в виде постоянной опасности слишком тесного сближения звезд, грозящего многими бедами.

Правильный вид шаровых куч показывает, что они находятся вне Млечного Пути, хотя быть может и в связи с ним. Присутствие в шаровых звездных кучах переменных звезд дало возможность оценить их расстояния от нас, правда, весьма приблизительно. Ближайшая звездная куча ω (Омега) Центавра удалена от нас на 7.000 парсеков, наиболее далекая на 67.000 парсеков. Распределение их на звездном небе также любопытно. В то время как звезды, неправильные туманности, планетарные туманности и неправильные скопления явно связаны с Млечным Путем, шаровые звездные кучи сосредоточены преимущественно в области созвездия Стрельца. Рассечем наше звездное скопление плоскостью, направленной к Стрельцу и в этой плоскости изобразим как наше звездное скопление, так и шаровые звездные кучи. Мы получим рис. 50, который сразу и наглядно показывает, что шаровые звездные кучи лежат вне нашего звездного скопления, хотя быть может связаны со следующими за нашим скоплением облаками Млечного Пути. Общая картина такова, как будто Млечный Путь проник в рой шарообразных звездных куч, представляющий из себя независимое образование. Однако выяснить этот вопрос удастся только, когда будут измерены как следует и движения и расстояния всех шаровых звездных куч. До сих пор спектроскопическим путем удалось определить только движения от нас или к нам для десяти шаровых звездных куч. У некоторых из них оказались очень большие скорости: так, звездная куча Геркулеса приближается к нам с огромной скоростью — 300 км в секунду. Семь из этих десяти звездных куч к нам приближаются, а две удаляются.

Зная расстояние и кажущийся поперечник звездной кучи, можно определить ее действительный поперечник. Для шаровых звездных куч он оказывается около 150 парсеков, т.-е. эти скопления звезд значительно меньше нашего скопления. В таком сравнительно небольшом объеме помещаются сотни тысяч звезд, при чем плотность их распределения чрезвычайно быстро возрастает к центру, и тогда, как показывают расчеты, число звезд на один кубический парсек около центра кучи может превышать тысячу. Это — очень много, и при таких условиях возможны частые и тесные сближения звезд, при чем во всей

массе звезды должна возникать огромная приливная волна. После того как сближение кончилось, все-таки, как след его, должна оставаться вибрация, и звезда делается переменной. Таким образом объясняется, почему в шарообразных звездных кучах чрезвычайно много переменных звезд с очень короткими периодами. Вполне понятно также сравнение звездных куч с га-

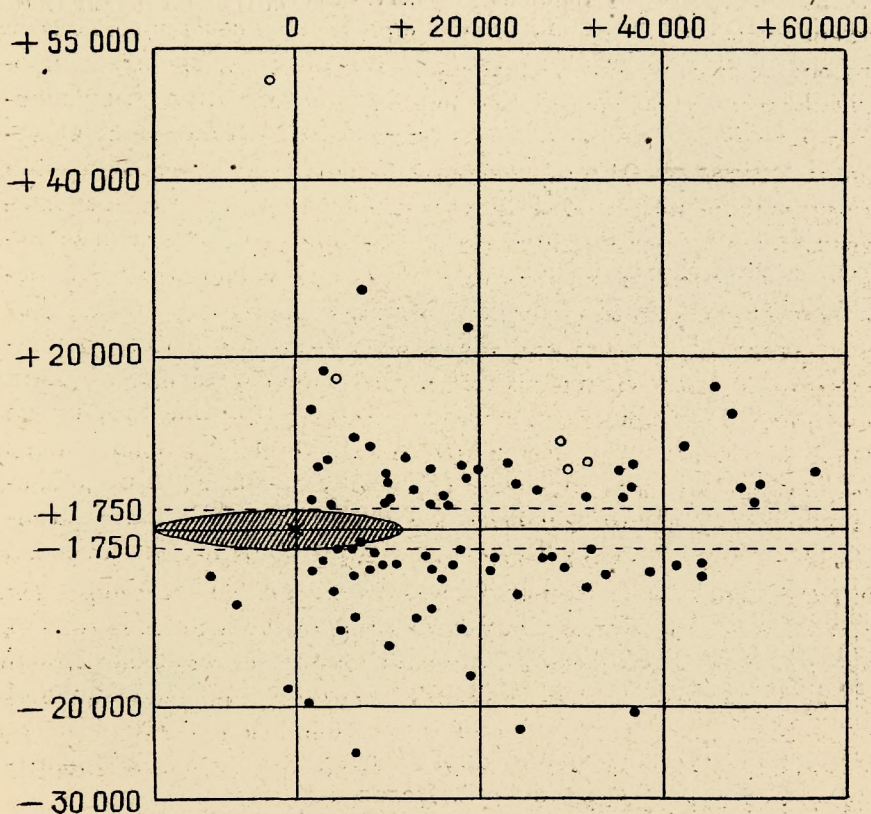


Рис. 50. Распределение шаровых звездных куч.

зами, при чем звезды соответствуют молекулам или атомам. Это дает возможность применять к звездным кучам выводы, полученные при изучении земных газов.

Образовываться шаровые звездные кучи могли только в особенно благоприятных условиях из шарообразных скоплений метеоритов или газов на известном расстоянии от больших звездных систем. Если рой шаровых звездных куч не есть самостоятельное образование, а связан с Млечным Путем, то

нужно думать, что шаровые звездные кучи возникли из внешних частей первоначальной туманности Млечного Пути. Быть может их расположение по обе стороны плоскости Млечного Пути (см. рис. 50) указывает на это.

Перейдем теперь к наиболее важным в космогоническом отношении туманностям — спиральным. Первый вопрос, — как они относятся к Млечному Пути. Оказывается, они избегают Млечный Путь, и число их особенно велико у северного полюса Млечного Пути, где они образуют большое скопление. Напротив, в южном полушарии неба они распределены почти равномерно, за исключением двух мест — около Магеллановых Облаков и созвездия Кита, где также имеются большие скопления туманностей. Число их огромно и вероятно превышает миллион. Нужно ли считать эти чрезвычайно многочисленные небесные тела дополнением Млечного Пути, или же они независимы?

Прежде всего спектр указывает на чисто звездную природу очень многих спиральных туманностей, хотя в некоторых из них имеются и светящиеся газы. Несмотря на это, их не удалось разрешить на звезды, и до сих пор не решен вопрос о том, являются ли спиральные туманности звездными скоплениями особого вида, или же это газовые и метеоритные туманности. Можно с уверенностью высказаться в пользу первого взгляда. Во-первых, от времени до времени в спиральных туманностях вспыхивают новые звезды. Так, в одной туманности Андромеды за короткое время отмечено свыше 20 новых звезд. Это позволяет сделать приблизительное определение расстояния таких туманностей, конечно, при условии, что при одинаковых расстояниях средняя яркость новых звезд одинакова для Млечного Пути и для туманностей. Делая это предположение, мы получим для туманности Андромеды расстояние 200.000 парсеков; и тогда поперечник туманности будет равен 8.000 парсеков. Мы получаем размеры, сравнимые с размерами Млечного Пути. Затем на отдаленность спиральных туманностей указывает невозможность измерения их расстояния через измерение углов, т.-е. тем способом, каким мы измеряли расстояния звезд. Все попытки идти этим путем потерпели полную неудачу. Наконец, в том же убеждает знакомство с самым близким небесным телом этого рода — Магеллановыми Облаками в южном небесном полушарии. Раньше считали их отделившимися ча-

стями Млечного Пути, но теперь приходится их рассматривать, как самостоятельные скопления, состоящие из звезд, звездных куч, туманностей. Расстояние от нас большого облака равно приблизительно 35.000 парсекам, а его поперечник равен 4.500 парсекам. Считая Магеллановы Облака ближайшей к нам спиральной туманностью, мы убеждаемся, что действительно спи-



Рис. 51. Спиральная туманность Андромеды.

ральные туманности являются звездными вселенными такого же порядка, как и наша. Теперь нам понятно, почему мы не видим их в области Млечного Пути. Они лежат за ним, и нам мешает их видеть вся масса Млечного Пути, содержащая в себе, как мы знаем, помимо звезд, и большое количество ярких и темных газовых и метеоритных туманностей. Таким образом в отмеченных нами скоплениях спиральных туманностей мы имеем вселенные высшего порядка, и последовательность раз-

личных видов небесных тел и их объединений представится следующим образом:

Спутники — Планеты — Солнца — небольшие скопления звезд (пример: скопление Б. Медведицы) — звездные кучи — Млечные Пути (вселенные первого порядка) — скопление Млечных Путей (вселенные второго порядка). На этом наш ряд, пока обрывается.

Спектроскоп дал возможность определить скорость перемещения спиральных туманностей от нас или к нам. Эти скорости оказались к общему удивлению огромными. Например туманность Андромеды приближается к нам со скоростью 300 км в секунду; наоборот, большая туманность в созвездии Кита *M* 77 удаляется от нас со скоростью 1.100 км в секунду. Скорость другой туманности в созвездии Кита *NGC* 584 доходит до 1.800 км в секунду по направлению от нас. Так как одни спиральные туманности мы видим в плане, а другие с ребра, и между этими крайними положениями имеется много промежуточных, то мы имеем возможность исследовать зависимость скорости от угла наклона. Оказалось, что наибольшими от нас или к нам скоростями обладают те спиральные туманности, которые мы видим с ребра, как будто спиральные туманности предпочтительно двигаются ребром. Замечательно также, что большинство известных нам движений спиральных туманностей направлено от нас, как будто Млечный Путь обладает известным движением по отношению к скоплению спиральных туманностей, как наше Солнце обладает известным движением по отношению к Млечному Пути.

Скажем еще несколько слов об этих больших скоростях спиральных туманностей. Расстояния между спиральными туманностями приблизительно в 10 — 20 раз превышают их размеры; это не так много, и если только Млечные Пути содержат достаточное количество вещества в темном состоянии, невидимого для глаза, но значительно увеличивающего общую массу туманности, большие скорости могли бы быть объяснены. Впрочем, мы не можем утверждать, что сила тяготения — единственная мировая сила, действующая на таких огромных расстояниях и при таких огромных массах. Мы уже встречались с другими силами — лучевым давлением, магнитными силами, электричеством, мы видели, что вещество ведет себя совершенно иначе в малых количествах, чем в больших. Поэтому

нужно сознаться, что о вселенных второго порядка мы знаем еще слишком мало, и изучение их — дело будущего.

Обратимся теперь к вопросу о строении и внутренних движениях спиральных туманностей. Взглянем на изображение любой спиральной туманности и спросим себя, как может происходить ее вращение. Судя по тому, что мы говорили о солнечной туманности в предыдущей главе, можно было бы ожи-



Рис. 52. Движения в спиральной туманности Гончих Псов.

дать, что более далекие части отстают от более близких. Оказывается, наоборот. Движения идут так, как если бы вещество текло по рукавам туманности наружу (см. рис. 52). Трудно сейчас сказать, объяснимо ли это явление действием известных нам сил и в частности лучевого давления и сопротивления среды, или нужно допустить существование новых неизвестных нам сил. Мне лично кажется, что световое давление и сопротивление среды могли бы вполне удовлетворительно объяснить эти странные движения.

Есть еще одна возможность объяснения и внешности, и движений спиральных туманностей. Она основана на допущении, что не только междузвездное пространство, но и пространство между звездными вселенными заполнено метеоритным веществом, проще говоря, все доступное нашему наблюдению пространство занято одной огромной метеоритной туманностью. К таким туманностям до некоторой степени применимы законы движения жидкостей. Введем в чашку с водой ложку и проведем раза два: мы увидим, что жидкость немедленно завихрится и направления струй будут очень напоминать спирали и спиральные туманности. Взглянем на течение реки: мы увидим местами образование водоворотов со спиральными струями. Кто знает, быть может и небесные спирали, так поражающие нас своим видом и своим движением, являются лишь местными завихриваниями безмерного метеоритного океана. В этом океане могут быть свои течения, и там, где течения встречаются, возникают миры, там, где течения не встречают препятствий, они текут мирно, спокойно и мертво. Проходит время, для нас неизмеримо большое, в жизни вселенной неизмеримо малое, и в безмерном океане эти местные возмущения рассасываются, распадаются, Млечные Пути обращаются в ничто, а в другом месте возникают другие миры...

Но оставим пока эти гадания о неведомом и вернемся к более близкому для нас вопросу: каково же строение Млечного Пути и каковы его судьбы. Вспомним, что мы установили лишь существование огромного скопления, к которому принадлежит и наше Солнце. По нашим подсчетам поперечник этого скопления равен 20.000 парсеков, а его толщина 3.500 парсеков. Ограничивается ли Млечный Путь этим скоплением или же кроме него имеются другие скопления и, быть может, ветви Млечного Пути. Взглянем на рис. 51 и 52, изображающие, как мы убедились, скопления звезд, подобные Млечному Пути. Мы видим в каждом из них центральное чечевицеобразное тело и обширные ветви спиралей. С другой стороны, многие из шаровых звездных скоплений больше походят на чечевицу, чем на шар. Таким образом небо показывает нам два вида звездных скоплений, несомненно, образовывавшиеся в разных условиях,—шарообразные скопления и спиральные туманности. К какому из них следует отнести наш Млечный Путь? Простого взгляда на Млечный Путь достаточно, чтобы понять

сложность его строения. Эта сложность совершенно не мирится с чечевицеобразной звездной кучей, но прекрасно может быть объяснена, если уподобить Млечный Путь спиральной туманности, при чем Солнце находится где-нибудь в центральном скоплении. Быть может на это же указывает и рой шаровых звездных куч (см. рис. 50), лежащих все-таки близко к плоскости Млечного Пути.

Чтобы определить возраст Млечного Пути, нужно присмотреться к тому, какие тела он содержит. Легко видеть, что не все тела в нем одного возраста. Мы имеем звезды различных цветов, различных масс, различных химических составов, имеем туманности—большие, неправильные, являющиеся началом звездного развития, и маленькие, круглые, планетарные, являющиеся скорее его концом. Мы имеем звезды одинаковые и по цвету и по спектру, стоящие, повидимому, на одинаковой ступени развития, но значительно отличающиеся своими массами. Конечно, нельзя и думать, чтобы они возникли одновременно. Есть целые потоки, состоящие из горячих молодых звезд, и другие, состоящие из холодных умирающих тел. Пространство полно метеоритной пылью, в нем плавают невероятных размеров метеоритные туманности—начало жизни звезд, и тут же носятся маленькие остывшие или остывающие тела. И если мы взглянем в сияющую область Ориона, мы скажем: мир молод; но взглянув на звезды вблизи от Солнца, мы скажем: мир стар, так как в нем за блестящей видимостью скрываются старческие морщины—невидимые темные потухшие тела или едва видимые маленькие звезды. И сами метеориты—что они такое, как не прах разрушившихся миров! Где же правда?

Правда и там и там. Мир и молод и стар одновременно. Звезды разрушаются, но их прах идет на питание и на создание других звезд. Энергия излучается одними телами, но она улавливается другими. За время существования Млечного Пути кругооборот вещества в нем повторился много раз. И замечательнее всего, что доказательство этого нам дают как-раз свойства земных веществ—газов,—свойства, которые мы переносим на звезды.

Всем известно, что происходит при столкновении двух упругих шаров—одного очень большого и тяжелого и другого очень маленького и легкого. Большой шар чуть изменит свое состояние движения или покоя, а движение маленького изменится

очень значительно. Мы знаем, что по учению современной физики газы можно уподобить собранию огромного количества необычайно малых частиц, которые летают по всем направлениям с самыми разнообразными скоростями, сталкиваются друг с другом, разлетаются в разные стороны, снова сталкиваются, снова разлетаются — и так далее без конца. Представим себе теперь, что мы смешиваем два различных газа, один из которых состоит из более крупных и тяжелых, а другой из более мелких и легких частиц, при чем средние скорости частиц и того и другого газа вначале одинаковы. Что будет происходить при столкновениях? Для нас сейчас важны лишь столкновения крупных частиц с мелкими; ясно, что при них скорости крупных частиц будут в среднем слегка уменьшаться, а мелких значительно возрастать. Таким образом средняя скорость частиц одного газа будет убывать, а другого возрастать, но не беспредельно: ведь, если бы, например, крупные частицы стали неподвижны, а мелкие двигались бы с большими скоростями, то мало-по-малу мелкие частицы „расшевелили“ бы более крупные. Между этими крайними случаями существует некоторое среднее более или менее устойчивое состояние, когда в среднем и те и другие частицы ничего не теряют и ничего не приобретают. В этом состоянии, конечно, средняя скорость более тяжелых частиц будет меньше средней скорости более легких частиц.

Применим теперь эти простые соображения к Млечному Пути: в нем есть более легкие и более тяжелые частицы — это звезды. Расстояния между ними очень велики, и столкновения или тесные сближения, при которых возможно изменение скоростей, не часты. Тяготение на них действует одинаково, и если бы звездные скорости были вызваны только взаимными притяжениями звезд или притяжением всего Млечного Пути, средние скорости как наиболее тяжелых, так и наиболее легких звезд были бы равны. С течением времени, однако, это равенство будет изменяться, средняя скорость более легких звезд будет возрастать и более тяжелых звезд убывать. Чем старше Млечный Путь, тем его состояние должно быть ближе к тому окончательному устойчивому состоянию, к которому в одинаковых условиях стремится газовая смесь. Поэтому сравнение средней скорости более тяжелых звезд со средней скоростью более легких звезд может дать нам указания на возраст Млечного Пути. Мы уже говорили, что в ближайших окрестностях Солнца

в среднем более яркие звезды движутся гораздо медленнее, чем более слабые. К сожалению, эти данные недостаточны для более полного выяснения вопроса, но здесь на помощь пришли подсчеты средних лучевых скоростей для звезд различных возрастов. Оказалось, что эти скорости далеко не равны между собою и располагаются в таком порядке:

гелийные звезды	ср. скорость по лучу зрения	6,3 км
водородные звезды	" " " "	10,5 "
переходные звезды	" " " "	14,4 "
желтые звезды	" " " "	16,4 "
красные звезды	" " " "	17,1 "

Иными словами, чем старше звезда, тем, в среднем, она быстрее движется. Но мы уже говорили выше, что излучение энергии производится звездами главным образом на счет собственного вещества: звезды как бы расшвыривают свое вещество в пространство. Таким образом получается вывод, что чем старше звезда, тем меньше ее масса. Однако этот вывод висел в воздухе, пока американский астроном Сирс не сделал попытки определить средние массы звезд различных возрастов. Оказалось, что

средняя масс гелийных звезд	= 9	солнечным массам
" " водородных	= 5	" "
" " переходных	= 2	" "
" " желтых	= 0,9	солнечной массы
" " красных	= 0,6	" "

Сопоставим этот вывод с тем, что мы знаем о газах. Мы увидим, что Млечный Путь действительно можно сравнивать со смесью газов, при чем распределение скоростей между ними показывает, что эта смесь очень близка к состоянию равновесия, о котором мы говорили выше. Это нелицеприятное свидетельство чисел говорит о том, что возраст Млечного Пути значительно выше продолжительности жизни входящих в него звезд, и что ему обеспечено неопределенно долгое существование.

Неопределенно долгое еще не значит вечное. Понемногу вещество Млечного Пути теряется в пространстве, теряется и его энергия. Эта потеря происходит медленно, но непрерывно. Часть потерянного улавливается другими Млечными Пути, и наш Млечный Путь возмещает этим же путем часть своих потерь. Так происходит обмен вещества и энергии между ми-

рами, но при этом все-таки вещество мало-по-малу исчезает, переходя в энергию, а энергия уходит в беспредельный океан эфира, теряясь в нем в виде мельчайших колебаний, как разбитые волны понемногу теряются в наших земных океанах. Можно ли думать, что и эта потеря откуда-то возмещается, и что где-то во вселенной происходит обратное образование вещества из энергии? Повидимому да, только при нынешнем состоянии нашего знания было бы трудно точно указать эти пути обратного перехода.

Мы проделали очень длинный путь, начав с Земли, которая является для нас мерою всех вещей небесных, как человек есть мера всех вещей земных. На примере Земли и Луны мы осветили для себя происхождение двойных и кратных звезд, а ознакомление с лунной поверхностью дало нам возможность предчувствовать огромную мировую роль маленьких небесных тел — метеоритов. Строение Земли указало нам на ее огненно-жидкое и газовое состояние в прошлом, а это позволило нам проникнуть в строение звезд. Кольца Сатурна показали нам на кольца первоначальной солнечной туманности. Лучевое давление, с которым мы познакомились, обсуждая хвосты комет, оказалось мировым деятелем первого порядка, и свойства земных газов позволили нам определить возраст Млечного Пути, а также выяснить происхождение больших планет нашего солнечного мира. Оказывается, что каждое завоевание человечества в одной области знания имеет тысячу отражений в других областях, а сам вопрос о происхождении мира, как-будто практически не имеющий значения, на самом деле связан с тысячей вопросов и чисто-научных и практических и дает возможность внести единство там, где раньше были только разнородные вещи; и это пожалуй, даже с практической точки зрения, важнее многих практических применений. Поэтому не будем требовать от науки непосредственного и немедленного применения к жизни: тот порядок, то единство, которое она вносит в наши знания, бесконечно важнее, и чем меньше наука думает о том или ином непосредственном применении к жизни, тем свободнее у нее руки, тем более она способна выполнить свою задачу. И когда эта задача будет выполняться, применения к жизни явятся сами собою. В борьбе человека с природой наука самое ценное оружие, выработанное человечеством.

VIII. БОРЬБА ЗА НАУЧНОЕ МИРОВОЗЗРЕНИЕ.

Знание законов движения светил, их природы и происхождения далось человечеству не даром. Каждый действительный шаг вперед давался лишь после длительной борьбы. На немногих страничках не изложишь всей истории этой борьбы, но все-таки следует попытаться отметить ее важнейшие этапы.

В настоящее время мы строим учение о происхождении мира на прочной основе наблюдения, опыта и рассуждения. Припомним хотя бы сжатие Земли. Для объяснения его мы прежде всего обратились к опыту с упругим кругом и к опыту Плато; потом, изучая мир планет, мы отметили слабое сжатие Марса и сильное сжатие Юпитера и Сатурна; в конечном счете мы уверены, что причиной сжатия является вращение планеты, и потому можем смело придавать математический вид этому объяснению; конечно, и все последующие выводы должны быть проверены опытом и наблюдением. Таково же положение и с учением о приливах. Джордж Дарвин, основываясь на многочисленных наблюдениях земных приливов, математически вывел объяснение происхождения Земли и Луны. К этому объяснению можно было относиться с сомнением, пока многочисленные наблюдения двойных звезд не дали подтверждения его выводов. Возможность наблюдать, возможность делать опыты и способность делать выводы,—вот истинная основа современной науки.

Не то было в древности и в средние века. Опыты были невозможны, так как техника не была развита, и не могло быть точных инструментов. Для наблюдений представители науки того времени не имели могучих орудий, которыми мы располагаем, а часто не имели и никаких орудий. Что касается до способности делать выводы, то она была, но так как выводы по большей части не могли быть проверены, то и не придавалось

никакого значения ни им, ни способности их делать. Поэтому-то при слабом развитии наук о природе была слабо развита математика, являющаяся самым чистым проявлением способности человека делать выводы. Тем не менее потребность в объяснении происхождения мира и происхождения вещей всегда была; человечество располагало и рядом научных сведений, которые нуждались в объединении и согласовании. Вполне естественно, это объяснение давалось в виде рассказов или преданий о происхождении мира. Одной из таких сказок является рассказ о сотворении мира в Библии. Этот весьма интересный памятник еврейской словесности, конечно, является полным отражением представлений о мире создавшего его народа в те отдаленные времена. В основу рассказа кладется хаос, с которым мы уже встречались в предыдущих главах. У нас мир образуется из хаотической туманности благодаря действию определенных сил и физико-химических законов. Эти законы в свою очередь могут быть выведены из очень немногих простых предположений относительно движения частиц, образующих все известные нам тела. Благодаря этим законам хаос превращается в упорядоченный мир, смесь всевозможных простых веществ разделяется на последовательные слои, из мертвого вещества является живое, и из мира животных выделяется разумное существо — человек. Древние евреи не знали законов природы и не умели из них делать выводы. Для них превращение хаоса в упорядоченную вселенную без вмешательства высших сил было равносильно чуду, и, желая избежать одного чуда, они ввели другое — в виде бога, творца вселенной. „Вначале бог сотворил небо и землю“. Этот стих сразу показывает, что представление о земле, как небесном теле, об ее истинном виде и т. д. отсутствовало у древних евреев. „Бог сказал: да будет свет, — и был свет“. В этом стихе и следующих мы видим удивительное непонимание связи света с небесными телами, которые оказываются сотворенными на четвертый день. Стих пятый о сотворении тверди небесной показывает, что Землю авторы книги Бытия считали плоской, а небо считали как бы чашей, опрокинутой над землею. Это опять-таки совершенно первобытное представление. В стихе 15 образно рассказывается, как на этой тверди были укреплены небесные светила. Вот и все астрономическое содержание этого рассказа. Он ясно показывает, на каком низком уровне культуры находился еврейский народ в то время, но вместе с тем в нем есть

определенная мысль о победе мирового порядка над хаосом. Эту же мысль мы находим в космогонических сказках других народов, при чем очень часто она выражена красивее и ярче, чем у евреев.

Мысль о победе порядка над хаосом внутренними силами самого хаоса без вмешательства божества мы находим впервые в замечательной поэме римского поэта Лукреция „О природе вещей“, написанной в первом веке до начала нашего летосчисления. Лукреций описывает, как хаос постепенно преобразуется в упорядоченную вселенную. Конечно, о действительных силах, действующих между частицами, Лукреций не имел никакого представления, и с нашей точки зрения книга его полна грубых и смешных ошибок, но положенная в ее основу мысль была правильна и многообещающа. Любопытно, что светлый ум Лукреция не понял учения о шарообразности земли, и поэма „О природе вещей“ начинается предостережениями по этому поводу. Пусть читатель не удивляется этому: история науки изобилует подобными примерами, и было бы несправедливо ставить в вину основателю современной химии Лавуазье, что он отрицал падение камней с неба, или Вольтеру, что он отрицал существование окаменелых раковин, находимых на горах. Вклад их в сокровищницу человечества и так был велик, а ошибки были исправлены преемниками.

Наилучшим образом астрономические достижения древности были сведены в знаменитом *Альмагесте* великого греческого астронома Клавдия Птолемея, жившего приблизительно во II веке. В основу этого сочинения положена шарообразность Земли, однако, Земля неподвижна и находится в центре мира, а небо со всеми звездами за 24 часа вращается вокруг Земли. Иными словами, отрешившись от видимостей относительно внешности Земли, Птоломей не сумел от них освободиться относительно движения небесного свода и предпочел вращение его вращению Земли. Однако он, повидимому, отдавал себе отчет в возможности обратного предположения,—что небо неподвижно, а Земля вращается, но ему трудно было допустить, чтобы люди не замечали вращения Земли иначе, чем по положению звезд. Относительно планет, Луны и Солнца, для Птолемея нет никаких сомнений, что они движутся вокруг Земли. Однако чтобы объяснить их движения, он был принужден предположить, что, например, Юпитер движется по не-

большому кругу вокруг некоторой точки, а эта точка в свою очередь движется по некоторому кругу вокруг Земли; однако и этих кругов оказалось недостаточно и пришлось ввести ряд усложнений, которые со временем все возрастали и возрастали. Наконец у Птолемея мы находим ясные представления об измерении расстояний небесных светил, основанное на видимом смещении тел. при перемещении наблюдателя. Взглянем на рис. 53. Мы видим дорогу и находящегося на ней пешехода,

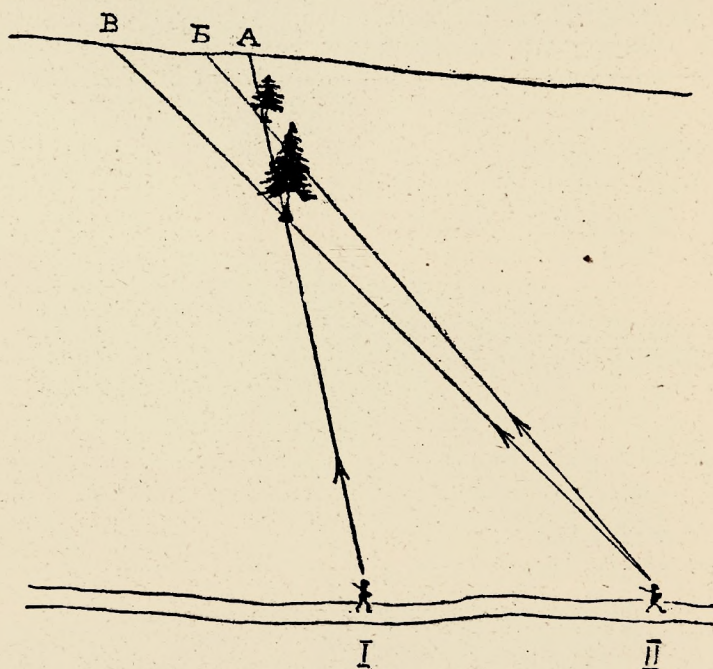


Рис. 53. Измерение расстояний недоступных предметов.

который хочет измерить расстояние до отдаленной ели, не сходя с дороги. Он делает следующее: стоя на дороге в месте I, он смотрит на ель и прикидывает на глаз или точно измеряет угол, который направление ели образует с дорогой; потом он перемещается в положение II, отсчитывая шаги, или точно измеряя пройденное им расстояние, снова смотрит на ель и измеряет угол, образуемый ее новым направлением с дорогой. Зная эти два угла и расстояние между положениями I и II, легко вычислить расстояние ели как от точки I, так и от точки II. Измерения расстояний небесных тел делаются именно

по этому способу. Например для измерения расстояния Луны берутся две очень отдаленных точки на земном шаре, и наблюдатели одновременно определяют положение Луны на небесном своде, т.-е. измеряют углы, образуемые направлением Луны с известными опорными линиями. Зная расстояние между наблюдателями и измеренные ими углы, ничего не стоит вычислить расстояние Луны. Для измерения расстояний звезд Земля не может служить достаточным основанием, и потому измерения положения звезды производятся через полгода одно после другого. Тогда расстояние между точками, где произведены измерения, равно поперечнику земной орбиты, и хотя оно тоже ничтожно мало перед звездными расстояниями, но современные способы дают возможность производить измерения с достаточной точностью. Конечно этим способом могут быть измерены расстояния лишь нескольких десятков, быть может нескольких сотен звезд, и для определения расстояний более далеких звезд приходится пользоваться другими приемами. Однако несмотря на то, что Птоломей и многие его предшественники имели понятие об этом способе, измерение расстояний Солнца и Луны не было произведено древними астрономами достаточно точным образом.

Альмагест показывает все-таки, что наука в то время (II век) находилась на довольно высоком уровне. О том же говорят и дошедшие до нас математические сочинения. В огромной Римской империи, окружавшей кольцом Средиземное море, было много школ, университетов, знаменитых своими профессорами, библиотеками и даже обсерваториями и лабораториями. К сожалению, сложная и тонкая культура того времени была сметена благодаря целому ряду обстоятельств. Вокруг Римской империи волновалось целое море племен и народов, а сама она была слишком многоязычна и разнородна. В Западной Европе ей угрожали сначала галльские, а потом германские племена; в Восточной Европе — славянские племена и народы тюрко-монгольской расы; в Азии — персы, армяне, семиты; в Африке — многочисленные племена самых разнообразных рас и цветов кожи. Общественный строй ее таил в себе много противоречий. Войны и восстания не прекращались. Это был в сущности великан на глиняных ногах, который в конце концов должен был рухнуть, и свалился, когда под напором явившихся из Азии кочевников прокатилась по всей Европе огромная

волна, гнавшая народы на запад и юг. С другой стороны, классовые противоречия временами проявлялись очень остро. Именно в это смутное время появилось и распространилось новое религиозное учение — христианство. Принятое сначала общественными низами, оно было направлено против верхов и, как всегда бывает, против культуры верхов. Однако впоследствии оно было воспринято и верхами общества, которые быстро сумели приспособить его и использовать, как орудие для угнетения. К этому нужно прибавить, что многочисленные народы, подвластные Римской империи или пограничные с нею, ненавидели Рим с его культурой, хотя в значительной мере и были пропитаны ею. Это явление хорошо знакомое нам хотя бы по современной Индии.

Легко себе представить поэтому, какая разрушительная волна прошла по Европе при крушении Римской империи и каким разрушением культурных ценностей она сопровождалась. Уничтожались здания, библиотеки, статуи, картины. Так знаменитая Александрийская библиотека была уничтожена не арабами, а христианами во время одного из многочисленных погромов, направленных против „язычников“. В 415 году была растерзана толпою в Александрии знаменитая Гипатия по подстрекательству епископа Кирилла Александрийского, донные считающегося отцом церкви. Гипатия провинилась тем, что осмелилась свободно преподавать безбожные науки — астрономию, математику и философию — в Александрийском университете, и она конечно не единственная жертва!

На развалины Римской империи хлынуло много народов, большей части диких или полудиких. Приходя победителями, они многое перенимали у побежденных, но происходило значительное общее понижение уровня. Наступил упадок и приемов земледелия и промышленности. Наука исчезла. Не успела схлынуть эта волна, как началась другая, — появление магометанской религии и огромное завоевательное движение сначала арабских, а затем тюркских и монгольских племен. Арабы, явившиеся как завоеватели в области, населенные греками, оказались очень восприимчивыми и через некоторое время их крупные столицы Багдад в Азии, Кордова в нынешней Испании, стали питомниками научной мысли. Арабские врачи, арабские астрономы, воспитанные на перешедших в их руки творениях греческих ученых, в течение нескольких веков слави-

лись по всему миру. Однако этой новой расцветающей культуре пришел конец благодаря столкновению двух миров — магометанского и христианского, а также благодаря новой волне, нахлынувшей из Азии в начале нашего тысячелетия, — тюрко-монгольской.

Однако в этих столкновениях народов была и своя хорошая сторона. Греко-римская культура не погибла; она значительно понизилась, но распространила свое действие на значительно большее число людей. Когда в Европе после бурных времен более или менее отстоялись государства, жизнь сдвинулась с места. Развитие промышленности и торговли создало новый живой и деятельный класс — буржуазию. Началась борьба городов с замками, т.-е. буржуазии с дворянством. Путешествия познакомили с другими странами, с образцами древнего искусства, древней науки. Началось подражание, начались и искания. И, конечно, христианская церковь, оберегая интересы господ, направила все свои удары против ищущих.

На пороге от Средних веков к Новому времени нет более трагического лица, чем гениальный Рожер Бэкон (1214—1294). Философ, физик, астроном, математик, изобретатель — он не был понят и оценен своими современниками. Его сочинения были запрещены церковью, сам он был посажен в заключение на долгие годы, и тюремщикам его было дано предписание: „он должен жить в разлуке с друзьями; он должен стать ничем для своих родных и учеников; он должен сидеть на хлебе и воде, и следует отбирать всякую рукопись, какую он вздумает куда-либо послать“. Ему запрещалось делать опыты, а между тем ведь это был человек, первый открывший увеличительные стекла, первый построивший зрительную трубу, первый после многих веков научного упадка высказавший правильные мысли о научном исследовании. Ненависть к нему была сильна и после смерти, и все его сочинения, попавшие в руки монахов, были сожжены.

Прошло еще два века. Конец XV века ознаменовался великими географическими открытиями. Нужно было найти путь в Индию. Когда восточный путь мимо Африки и через Индийский океан оказался в руках португальцев, Христофор Колумб поднял вопрос о путешествии в Индию западным путем, так как Земля кругла. И таково было общее невежество, что даже образованные люди того времени отрицали шаро-

образность Земли, о которой знали жившие за 1500—2 000 лет до них Пифагор, Аристотель, Гиппарх и Птоломей. Несмотря на общее сопротивление, путешествие Колумба состоялось, была открыта Америка; затем Магеллан проделал первое путешествие вокруг света. В шарообразности Земли перестали сомневаться; сильно развившееся мореплавание указало на необходимость упростить определение положений небесных светил. Сочинение Птолемея, потерянное в подлиннике, переведенное арабами на арабский язык и затем снова переведенное с арабского языка, долго считавшееся непреложной истиной, явно было недостаточно. Круги, по которым обращаются точки, служащие центрами вращения других точек и т. д.,— все это было слишком сложно и с каждым днем благодаря увеличившейся точности наблюдений становилось все сложнее. Упрощение было произведено польским астрономом Николаем Коперником (1473—1543). Он решительно сдвинул Землю с места—центра вселенной, поставив на это место Солнце. По его учению, Земля и все планеты обращаются вокруг Солнца, вместе с тем вращаясь вокруг своих осей; их орбиты, по его мнению,—окружности. Звездное небо неподвижно. О полном значении своего открытия сам Коперник не имел никакого представления, так как он умер во время печатания своей книги. Основная мысль книги высказывалась много раз и до него, например, знаменитым в древности Аристархом Самосским или жившим незадолго до Коперника Николаем Кузанским, но Копернику всецело принадлежит заслуга, что он не только высказал мысль, но и сумел ее обосновать.

Существо учения Коперника было понято не сразу, и не сразу разразилась буря. Многие осторожные люди, в том числе лютеранский проповедник Озиандер, написавший предисловие к книге Коперника, утверждали, что все остается на старом месте и что все дело заключается лишь в удобствах вычислений. Любопытно, что Лютер и протестантское духовенство раньше поняли смысл книги и восстали против нее, чем католическое духовенство. Многие последователи Коперника пользовались его системой при вычислении положений небесных тел, но не высказывались за нее открыто. Открытое признание ее влекло за собою преследования, как это показала судьба Джордано Бруно (1550—1600). Когда он выступил

против философии Аристотеля, признанной церковью, ему пришлось бежать из Италии и скитаться 10 лет по Европе, нигде не находя себе пристанища. Наконец он вернулся на родину, но не на радость. Его посадили в тюрьму и после семилетнего пребывания в ней судили и сожгли. Бруно пошел гораздо дальше Коперника: для него звезды были солнцами, мир был бесконечен, звездный мир представлял из себя целое, частью которого являлось Солнце; это целое развивалось и шло само собою без всякого постороннего вмешательства.

В то время, как шла эта борьба, промышленность развивалась, развивалась и техника. В частности, во многих местах процветала выделка вогнутых и выпуклых стекол для очков. Поэтому неудивительно, что в это время снова было сделано изобретение зрительной трубы. Для этого достаточно было взять два выпуклых стекла, поставить их одно перед другим, направить на какой-либо предмет и затем перемещать или одно или оба стекла, пока не получится ясное изображение. Или можно было взять большое выпуклое стекло и между ним и глазом поместить маленькое вогнутое и затем, наведя на какой-либо предмет, делать перемещения, пока не получится ясное изображение. Все это настолько просто, что можно удивляться, каким образом зрительная труба не была изобретена древними, хорошо знавшими увеличительные стекла. Неудивительно, что в конце XVI и начале XVII века она была изобретена во многих местах и преимущественно там, где процветала стекольная промышленность. Однако о применении зрительной трубы к наблюдениям небесных светил никто не думал, пока за это не взялся знаменитый Галилей, к жизни и страданиям которого мы переходим. Галилей (1564—1642) обладал очень сильным творческим умом; ему принадлежит много чрезвычайно ценных исследований по физике и механике, в которых он не касался вначале астрономических вопросов и системы Коперника и тем не менее пришел к противоречиям с церковью. Получив в 1609 году сообщение об изобретении в Голландии зрительной трубы, еще не зная ее устройства, он сам выяснил, какое сочетание стекол нужно и, построив себе инструмент, направил его на небо. Быстро последовал ряд первоклассных астрономических открытий: горы на Луне, четыре спутника Юпитера, странный вид Сатурна, пятна на Солнце, мелкие невидимые простым глазом звезды и т. д. С большим остроумием он вы-

яснил, что солнечные пятна находятся на самом Солнце; явления в мире Юпитера навели его на мысль о возможности для мореплавателей пользоваться ими для определения времени на море. Его открытия были встречены церковью крайне враждебно, и раздавались голоса, что существование спутников Юпитера противоречит „священному“ писанию. Тем более церковь была обеспокоена сообщениями, что Галилей придерживается учения Коперника. В 1615 году Галилея вызвали в Рим. Собрание богословов, которому было поручено исследовать учение Коперника, вынесло следующее решение: „Учение, что Солнце находится в центре мира и неподвижно, ложно, нелепо, еретично и противно священному писанию, а учение, будто Земля не лежит в центре мира и движется, вдобавок обладая суточным вращением, ложно и нелепо с философской точки зрения, с богословской же по меньшей мере ошибочно“. Учение Коперника было осуждено особым декретом папы, Галилею был объявлен выговор, а кардинал Беллярмин должен был увещевать Галилея. Он взялся за это дело очень тонко. Вот выдержка из письма его к Фоскарини, не лишенная значения и в наше время: „Ваше преподобие и господин Галилей поступят благоразумно, если ограничатся тем, что будут говорить предположительно, а не с полной уверенностью наподобие Копернику. В действительности очень хорошо поступает тот, кто говорит, что предполагая Землю подвижной, а Солнце неподвижным, мы гораздо лучше отдаем себе отчет во всех явлениях, чем это можно было бы сделать при помощи кругов Птолемея. Это не представляет ни малейшей опасности и вполне достаточно для математики“. В этом отрывке мы сразу узнаем взгляды, и доныне высказываемые философами, желающими скрыть свой идеализм. „Зачем утверждать, что атомы существуют, когда проще и безобиднее сказать, что строения вещества мы не знаем и никогда не будем знать, но для нас предположение, что атомы есть, пока удобнее для описания явлений, чем обратное“. Во всех уговариваниях этого рода есть опасность бóльшая, чем в прямом и открытом идеализме. Научная мысль всегда должна быть четкой и острооточенной; только тогда она побеждает.

Несмотря на это предупреждение, Галилей не смирился. Он занялся подготовкой сочинения под названием: „Разговор о двух главных системах мира — птолемеевой и коперниковой“,

которое появилось в 1632 г. Три собеседника Сальвиати — коперниканец, Симпличио — сторонник старого предания и Сагредо, якобы нейтральный, на деле союзник Сальвиати, — ведут беседу о строении мира. Несмотря на лукаво благочестивое предисловие, Симпличио при защите учения Птолемея всегда оказывается в смешном положении. Книга вызвала большой шум, а семидесятилетний Галилей был предан суду инквизиции. Суд решил книгу запретить, а самому Галилею предписать публично отречься от учения Коперника под страхом подвергнуться „всем исправлениям и наказаниям св. канонами и другими общими и частными узаконениями, возлагаемыми за преступление подобного рода“. Отречение состоялось 22 июня 1633 г., а затем Галилей был поселен в деревне под надзором инквизиции. После этого он прожил еще девять лет, постепенно угасая.

Современником Галилея был Кеплер, об открытиях которого мы говорили выше. Жизнь Кеплера (1571—1630) замечательна в другом отношении. Кеплеру не пришлось иметь дела с инквизицией, но ему пришлось встречаться с непониманием и нуждою. Назначенный в 1594 году профессором математики в Граце, он сразу встретился с обычным явлением — полной необеспеченностью научных работников. Религиозные преследования (Кеплер был протестант) вынудили его бежать в 1598 году из Граца, а в 1600 г. принять приглашение знаменитого астронома Тихо де Браге. После смерти последнего (1602) Кеплер был назначен придворным математиком императора Рудольфа. Жалованье выплачивалось ему крайне неаккуратно, но в качестве преемника Тихо де Браге он получил большую часть его наблюдений положений планет, и это драгоценное наследство дало ему возможность найти три закона планетных движений, о которых мы уже говорили. Свои научные работы он перемежает с мечтами о более глубоком проникновении в тайны вселенной, старается воскресить учение древних о музыке небесных тел. Так „Земля поет ноты *Mi* (Ми), *Fa* (Фа), *Mi* (Ми), откуда можно догадаться, что в нашей юдоли царят *Miseria* (бедность) и *Fames* (голод)“. Это горькое замечание говорит о том, как жилось Кеплеру. К бедности примешивались постоянные религиозные гонения, из-за которых ему приходилось переезжать с места на место. Его мать была приговорена к смертной казни в качестве „колдуньи“, и только вмешательство сына спасло ее от сожже-

ния. Чтобы не умереть с голода, ему приходилось заниматься предсказаниями. Его пригласили в Италию, но он совершенно правильно ответил: „Зачем поеду я в Италию? Разве для того, чтобы познакомиться с ее тюрьмами“?. Затем, выведенный из себя бедностью, гонениями, пишет одному из друзей: „Куда мне бежать? Бежать ли в какую-нибудь из разоренных провинций или в одну из тех, которым скоро предстоит та же участь“? Однако, несмотря на все, у него были свои радости, когда из дебрей цифр, чертежей, исканий и ошибок вдруг открывался яркий свет истины. Тогда Кеплер превращался в поэта: „Я предаюсь своему восторгу и не боюсь похвалиться перед смертными своим признанием... Жребий брошен, я пишу свою книгу. Прочтется ли она современниками моими или потомками, мне нет дела; она дождется своего читателя“.

Конец жизни Кеплера тоже замечателен: он отправился верхом из Линца в Регенбург для хлопот о получении просроченного за 20 лет жалованья. Расстояние было невелико (400 км), но по тогдашним условиям стоило целого путешествия. Он прибыл в Регенбург больной и вскоре скончался.

Судьба Галилея косвенно отразилась на его современнике, великом французском философе и математике Декарте (1596—1650). Декарт во время суда над Галилеем заканчивал свое большое сочинение „Рассуждение о мире“, где предполагал дать сводку всех своих изысканий. Основная задача его книги состояла в том, чтобы вывести современное состояние мира как в общем, так и в частном из трех данных: пространство, движение и вещество. „Дайте мне вещество и движение, и я построю мир“. Книга была готова к печати, когда получилось сообщение об осуждении Галилея. Оно произвело на Декарта такое потрясающее впечатление, что он сжег свою рукопись.

Учение Коперника, механические рассуждения Галилея, законы Кеплера, — все это было приведено в порядок, связано единым мировым законом работами ученого, жившего в другой стране и в другое время. Ньютону (1642—1727) выпало счастье родиться в Англии, где в те времена было больше свободы, чем на материке. Он родился накануне английской революции, следовательно ему пришлось жить и работать в стране значительно очищенной этой бурей. Ему не пришлось терпеть преследований инквизиции, заниматься посторонними науками, составлять гороскопы, умолять, чтобы выплатили жа-

лованье за двадцать лет. Жизнь его — ровная и гладкая жизнь ученого, внешние события которой обычны и скучны. В 1668 году он занял кафедру математики и оптики в своем родном Кембриджском университете. Он не был обременен занятиями — всего только пять часов в неделю, — и у него оставалось достаточно времени на научную работу. Действительно, годы, проведенные в Кембридже, были в его жизни наиболее творческими. Исследуя движение планет, он пришел к мысли, что оно объясняется действием некоторой силы, исходящей от Солнца и являющейся общим свойством вещества. Заметим, что сама по себе эта мысль не была нова. В более или менее ясном виде она была высказана Коперником, Кеплером, Борелли, Булье, Гуком, Галлеем и др. Таким образом Ньютон работал на почве уже хорошо подготовленной, но это не уменьшает его заслуги; к тому же на протяжении даже этого короткого очерка мы могли убедиться, что вообще открытия не являются внезапно и что их нужно считать скорее плодом работы поколений, чем достижением одного человека. Заслуга Ньютона состояла в том, что он придал закону тяготения тот вид мирового закона, каким мы знаем его до сих пор, и выяснил, что действием этого закона могут быть объяснены движения всех тел солнечной семьи. Чтобы выполнить эту работу, ему пришлось построить новые математические методы, которыми мы пользуемся до сих пор.

Нужно сказать, что Ньютон показал большую смелость ума, введя свой закон в небесную механику. Дело в том, что тяготение действует на расстояние, и было совершенно непонятно, каким образом действие одного тела без посредства чего бы то ни было передается другому телу. Декарту, сводившему все в мире к веществу и движению, мысль о силах, действующих непосредственно на расстояние, была отвратительна, и потому он предположил для объяснения движений планет существование вихрей в невидимой среде, заполняющей пространство. Эти вихри несут с собою планеты. Ньютон в своей книге „Математические основы познания природы“ (*Philosophiae naturalis Principia Mathematica*) посвящает много места опровержению взглядов Декарта. Тем не менее главнейшие возражения против силы тяготения направлялись именно как против силы, действующей на расстояние.

Мысль о всемирном тяготении появилась у Ньютона еще в студенческие годы. Желая проверить свои предположения, он

обратился к Луне, и, проделав в 1666 году все необходимые вычисления, он получил вывод, противоречащий закону тяготения. Только через 16 лет в 1682 году, когда были получены более точные сведения о величине Земли, он проделал снова вычисления и получил требовавшееся согласие. Тогда он решился довести до конца свой великий труд и напечатать его. К сожалению, вторая половина жизни Ньютона ушла на административную работу и на богословие.

Ньютоном кончается героический период науки. На заложенной им и его предшественниками математической и механической основе последовало дальнейшее развитие, идущее непрерывно до наших дней. К сожалению, даже одно перечисление имен займет больше места, чем есть у меня в распоряжении, и потому я принужден ограничиться лишь очень кратким сообщением о работах тех астрономов, которые занимались вопросом о происхождении вселенной. Прежде всего великий мыслитель Кант (1724—1804), первый после Лукреция, последовательно провел мысль об образовании вселенной из хаоса исключительно внутренними силами. Его работа „Всеобщая естественная история и теория неба“, напечатанная в 1755 г., содержит очень много механических ошибок, но поражает широким размахом и смелостью мысли: „Дайте мне вещество, я построю вам из него мир“. У Канта мы находим очень многие мысли, которые потом, через полтора столетия после него, вполне оправдались; тем не менее работа его прошла незамеченной и была основательно забыта, когда великий математик Лаплас (1749—1827) в коротком прибавлении к своей книге „Изложение системы мира“ рассказал, как, по его мнению, произошел солнечный мир. Он берет горячую газовую туманность, очень уплотненную к центру, быстро вращающуюся наподобие твердого тела, описывает образование колец, их распад, соединение отдельных частей колец в газовые шары, из которых образуются планеты с их спутниками. Читатель помнит, что кольца, подобные кольцам Лапласа, встречаются у нас в главах III и VI, но значение их не так велико, как у Лапласа. Я забыл упомянуть в своем месте о великом натуралисте Бюффоне (1707—1788), который в своей „Естественной Истории“ (1745) останавливается на происхождении солнечного мира и, не находя возможным объяснить его естественным развитием туманности, предполагает, что планеты возникли из частей, оторвавшихся от Солнца.

после столкновения с кометой. Этим вводилась в науку новая мысль о столкновениях небесных тел, неприменимая в данном случае, но, вероятно, применимая в целом ряде других. Эту мысль Бюффона мы находим в видоизмененном виде постоянно и теперь.

Вильям Гершель (1738—1822) не занимался вопросом о происхождении мира, но сделал очень много для изучения его строения. Он не готовился к научной деятельности: сын бедного музыканта и сам музыкант, он, не выдержав тяжести военной службы во время семилетней войны, сбежал из войск и переселился в Англию. Занятия музыкой пробудили в нем интерес к математике, а математика привела к астрономии. Не имея средств на покупку телескопа, он сам начал шлифовать зеркала и строить отражательные телескопы. После того как ему наконец удалось построить удовлетворявший его инструмент, он начал изучать небо, осматривая его в последовательном порядке. Сделанные им открытия огромны: он открыл Уран с его спутниками, двух спутников Сатурна, определил собственное движение Солнца, открыл массу туманностей, звездных скоплений, двойных звезд, установил значение Млечного Пути в звездном мире и сделал первую попытку определить его внешний вид. Его можно считать действительным творцом звездной астрономии.

Фай (1814—1902) воскресил забытые вихри Декарта и, вместо газовых туманностей, первый стал рассматривать метеоритные туманности.

Джордж Дарвин (1845—1912)—сын знаменитого Чарльза Дарвина, творца учения о происхождении видов и человека; мы уже много говорили об его работах о приливном трении как причине происхождения Луны и двойных звезд.

Анри Пуанкаре (1854—1912)—великий математик, астроном, физик и философ—открыл новые пути для небесной механики и впервые вопрос о происхождении мира поставил во всей его широте. Он придал законченный математический вид работам своих предшественников, не отдавая преимущества ни одному из предложенных ими путей, но пользуясь всеми.

Петр Николаевич Лебедев (1866—1912)—замечательный русский физик, безвременно погибший после того, как ему по причинам политического характера пришлось уйти из Московского университета. Он первый открыл лучевое давление,

предсказанное Максвеллом, и указал на значение его в астрономии. Мы видели, что объяснения строения комет, внутреннего строения звезд и развития туманностей опираются на световое давление. Поэтому в П. Н. Лебедеве нужно видеть человека, нашедшего вторую мировую силу.

Я. К. Каптейн (1851—1922) — голландский астроном, быть-может со времен Гершеля достигший наибольших успехов в выяснении строения мира. Родившись в маленькой стране, не имеющей средств на постройку больших обсерваторий, он сумел наладить работу по изучению материалов, добытых другими обсерваториями. В Гронингене, где он жил и работал, он устроил астрономическую лабораторию, располагавшую поразительно малыми средствами и личным составом. Им были открыты звездные потоки, было исследовано распределение звезд в Млечном Пути, их движения, расстояния. Основанное им учреждение не погибло после его смерти и продолжает его работу.

Этот сухой и краткий перечень можно было бы значительно расширить. В этом нет необходимости. В наше время научная работа ведется сомкнутыми рядами; особенно в области астрономии она имеет международную организацию. Силы одного человека оказываются все более и более недостаточными для выполнения хотя бы одной из современных астрономических задач. На место людей выдвигаются учреждения, часто выполняющие одну и ту же работу десятки лет, так что за время от начала до конца весь личный состав успевает смениться. Как пример таких международных предприятий можно указать фотографическую карту звездного неба, начатую несколько десятилетий тому назад. Она выполняется обсерваториями, раскиданными на всем земном шаре, и будет закончена только через несколько десятилетий. Чтобы дать представление об этой работе достаточно сказать, что эта карта (вернее атлас) будет содержать около 30 миллионов звезд.

Устройство современных астрономических учреждений очень отличается от того, что было еще несколько десятков лет тому назад. Как пример сравним американскую обсерваторию на горе Вильсон с нашей Пулковской обсерваторией. Не говоря уже о том, что сила инструментов обсерватории на горе Вильсон несравненно выше, чем в Пулкове, для ее обслуживания устроен большой физический институт в городе Пасадене, снабженный всеми средствами современной научной техники. Главная работа

переносится именно в этот институт, а обсерватория служит его глазом; у нас в Пулкове нет лаборатории, достойной этого имени, но в этом отношении Пулково не является исключением среди европейских обсерваторий. Работа в таких больших учреждениях основана на строгой дисциплине и разделении труда.

Научное исследование неба насчитывает не более четырех веков. Из них первые два ушли на борьбу за мировоззрение Коперника и на выяснение строения солнечного мира. Звездная астрономия, уводящая нас гораздо дальше, существует не более полутора столетий, физическая астрономия не более пятидесяти лет. Только в двадцатом веке начало выясняться строение Млечного Пути и существование наряду с ним других звездных вселенных. Несмотря на это, движение вперед нужно признать огромным, и это в наше время, полное войн, раздоров, национальной и классовой борьбы. Что же будет, когда силы всего человечества объединятся для познания и завоеваний природы?

Быть может, нашей современной культуре придется в ближайшем будущем испытать большие потрясения, когда произойдет сдвиг народов, составляющих две трети человечества и до сих пор считавшихся „низшими“. За этим сдвигом и столкновением последует некоторый общий упадок, но нужно думать, что в истории человечества он будет последним и недолгим. Из столкнувшихся рас и народов создастся новая единая раса, как из сталкивавшихся когда-то племен образовались современные народы. Быть может, если народы Европы успеют пройти через социальную революцию, опасность сильных потрясений будет избегнута, и образование единого человечества пойдет мирным путем. И нашей науке тогда предстоит небывалый расцвет.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Введение	3
I. Земля	5
II. Луна. Приливы. Начало и конец Земли и Луны	18
III. Солнечный мир: планеты	38
IV. Кометы, падающие звезды, зодиакальный свет	72
V. Солнце	89
VI. Строение и развитие звезд	112
VII. Строение и происхождение вселенной	135
VIII. Борьба за научное мировоззрение	155

Государственное Издательство РСФСР

МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

ПОПУЛЯРНО-НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

Состоит из книжек, рассчитанных на читателя, обладающего познаниями в размере приблизительно курса школ 2-й ступени.

ФИЗИКА и ХИМИЯ

Грец, А. Краткий курс электричества. Стр. 259.
Ц. 1 р. 25 к.

Ихах-Рубинер, Ф. Вечный двигатель. Стр. 192. Ц. 1 р.

Григорьев, С. Холод в природе и технике. Стр. 76.
Ц. 80 к.

Визлер. Химические элементы. Стр. 84. Ц. 45 к.

Ауэрбах, Ф. Пространство и время. Стр. 156. Ц. 30 к.

Винер, О. Физика и развитие культуры. Стр. 82. Ц. 1 р.

Гильом, М. Э. Начатки механики. Изд. 2-е. Стр. 168.
Ц. 1 р. 20 к.

Конобеевский, С. Т. Что такое радий. Стр. 51. Ц. 15 к.

Его же. Строение вещества. Изд. 2-е. Стр. 207. Ц. 1 р.

Костицын, В. А. Курская магнитная аномалия. Стр. 60.
Ц. 50 к.

Лассар-Кон. Химия в обыденной жизни. Стр. 272. Ц. 2 р.

Ленар, С. О принципе относительности, эфире и тяготении. (Критика теории относительности.)
Стр. 57. Ц. 20 к.

Меншуткин, Б. Н. Химические соединения вокруг нас. Углеводы. Стр. 74. Ц. 70 к.

Нагель. Романтика химии. Стр. 116. Ц. 40 к. (Разошл.)

Тиндаль. Звук. Стр. 320. Ц. 1 р. 60 к.

Философия науки. Сборник статей. Ч. I. Физика.

В. I. Стр. 178. Ц. 1 р. 20 к. В. II. Стр. 235. Ц. 1 р. 40 к.

Шмидт, Г. Мировой эфир, электричество и энергия.
Стр. 100. Ц. 75 к.

Его же. Проблема современной химии. Изд. 2-е.
Стр. 106. Ц. 75 к.

Эйнштейн. О теории относительности. Стр. 36. (Разошл.)

Нейбургер. Чудеса химии. (Печ.)

Чижов, Е. Стекло. Стр. 94. Ц. 75 к.

Государственное Издательство РСФСР

МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

ДАРВИНОВСКАЯ БИБЛИОТЕКА

Под редакцией проф. М. М. Завадовского

Идеи Чарльза Дарвина пробудили к жизни обширные проблемы современной биологии. Три основных вопроса, легших в основу эволюционного учения английского биолога—изменчивость живых организмов, наследственность и отбор,—разрослись до размеров самостоятельных научных дисциплин.

Русская научная и научно-популярная литература лишь в слабой степени отражает современные успехи этих областей знания, выросших в значительной мере на фундаменте, заложенном гением Ч. Дарвина.

Идя навстречу явно обнаружившейся потребности русского читателя, Научно-Популярный отдел Госиздата приступил к изданию общедоступной серии книжек, которые могли бы ознакомить его с современным пониманием явлений изменчивости, наследственности, искусственного и естественного отбора и сопредельных областей, лежащих в основе эволюционного процесса живых форм природы.

Каждая книжка размером в 4—7 листов посвящена особому самостоятельному вопросу современной биологии, все же в совокупности они должны представить единую серию, объединенную под названием „Дарвиновской Библиотеки“. Для облегчения общей ориентировки в вопросах эволюции в серию включена одна книга более обширных размеров,— С. Д. Чұлока, трактующая эволюционное учение в целом.

ВЫШЛИ В СВЕТ

Некрасов, А. Д.— Борьба за дарвинизм. Стр. 164 Ц. 70 к. Та-
лиев, В. И.—Организм, среда и приспособление. Стр. 160 Ц. 70 к.

ПЕЧАТАЮТСЯ И ПОДГОТОВЛЯЮТСЯ К ПЕЧАТИ

Чұлок, С. Д.—Теория эволюции.
Бобринский, Н. А.—Зоогеогра-
фия и эволюция.

Исаев, В. М.— Искусственный
подбор и его роль в образо-
вании пород.

Завадовский, М. М.— Внешние и
внутренние факторы эволюции.

Владимирский, А. П.— Переда-
ются ли по наследству приоб-
ретенные признаки?

Некрасов, А. Д.— Половой под-
бор.

Морган.— Критика теории эво-
люции.

Государственное Издательство РСФСР

МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

- Берлин, Я. А. Дикари, их быт и нравы. (Меньшие братья в семье народов.) Изд. 3-е. Стр. 379. Ц. 80 к.
- Берен, М. Рассказы о борьбе человека с природой. Стр. 120. Ц. 25 к.
- Вейлэ. Культура бескультурных народов. Стр. 142. Ц. 70 к.
- Берлин, Я. А. Великая семья человечества. 4 части. Ч. I. Стр. 154. Ц. 60 к. Ч. II. Стр. 84. Ц. 35 к. Ч. III. Стр. 94. Ц. 45 к. Ч. IV. Стр. 140. Ц. 40 к.
- Вейлэ, К. Первобытное общество и его хозяйство. Стр. 165. Ц. 75 к.
- Его же. От бирки до азбуки. Стр. 152. Ц. 50 к.
- Его же. Элементы человеческой культуры. Стр. 141. Ц. 40 к.
- Гернес, М. Первобытная культура. Ч. I. Каменный век. Стр. 146. Ц. 50 к.
- Коропчевский, Д. А. Прежде и теперь. Стр. 343. Ц. 75 к.
- Кунов, Г. Первобытная техника. Стр. 464. Ц. 1 р. 25 к.
- Гремяцкий, М. А. Техника первобытного человека. Стр. 55. Ц. 80 к.
- Анучин, Д. Н. Открытие огня и способы его добы-
вания. Стр. 40. Ц. 25 коп.
- Чижов, Е. Железо. (Печ.)
- Жуков, Б. С. Тайна древних великанов. (Подг. к печ.)

ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯТЬ

в Торговый Сектор Госиздата РСФСР, Москва, Ильинка, Бого-
явленский пер., 4, тел. 1-91-49, 5-04-56 и 3-71-37. Ленинград, „Дом
книги“, проспект 25 Октября, 28, тел. 5-49-32 и во все отделения и
магазины Госиздата РСФСР.

ОТДЕЛ ПОЧТОВЫХ ОТПРАВЛЕНИЙ ГОСИЗДАТА (Москва,
Ильинка, Богоявленский пер., 4) высылает все книги немедленно по
получении заказа почтовыми посылками или бандеролью наложен-
ным платежом. При высылке денег вперед (до 1 руб. можно поч-
товыми марками) пересылка бесплатно.

Государственное Издательство РСФСР

МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

ОТКРЫТ ПРИЕМ ПОДПИСКИ НА ПОЛНОЕ СОБРАНИЕ СОЧИНЕНИЙ ЧАРЛЬЗА ДАРВИНА

в 4 томах, 8 полутомах

Под редакцией М. А. МЕНЗБИРА

ТОМ I. *Часть I.* К. А. Тимирязев. Значение переворота, произведенного в современном естествознании Дарвиным. Автобиография Ч. Дарвина. Перевод К. А. Тимирязева. Чарльз Дарвин. Путешествие вокруг Света на корабле „Бигль“. Перевод Е. Г. Бекетовой.

ТОМ I. *Часть II.* М. А. Мензбир. Первые 65 лет в истории теории подбора. Ч. Дарвин. Происхождение видов. Перевод М. А. Мензбира, А. П. Павлова, И. А. Петровского и К. А. Тимирязева.

ТОМ II. *Часть I.* М. А. Мензбир. Последние данные по вопросу об отношении человека к приматам. Ч. Дарвин. Происхождение человека и половой подбор. Перевод И. М. Сеченова.

ТОМ II. *Часть II.* Ч. Дарвин. О выражении ощущений у человека и животных. Перевод под редакцией А. О. Коваленского.

ТОМ III. *Часть I.* М. А. Мензбир. Отношение менделизма к дарвинизму. Ч. Дарвин. Изменчивость прирученных животных и возделанных растений. Перевод В. А. Коваленского, переработанный М. А. Мензбиром и К. А. Тимирязевым. Главы I—XI.

ТОМ III. *Часть II.* Ч. Дарвин. Изменчивость прирученных животных и возделанных растений. Перевод В. А. Коваленского, перераб. М. А. Мензбиром и К. А. Тимирязевым. Главы XII—XXVIII. М. А. Мензбир. Теория наследственности.

ТОМ IV. *Часть I.* Предисловие редактора. Ч. Дарвин. Приспособления орхидных к оплодотворению насекомыми. Перевод И. А. Петровского. Под редакцией К. А. Тимирязева. Ч. Дарвин. О движениях и повадках лазящих растений. Перевод И. А. Петровского. Под редакцией К. А. Тимирязева.

ТОМ IV. *Часть II.* Предисловие редактора. Ч. Дарвин. Насекомоядные растения. Перевод под редакцией А. А. Тихомирова. Ч. Дарвин. Образование почвенного слоя деятельностью дождевых червей. Перевод М. А. Мензбира.

Первая книга (т. I, ч. 1, стр. 428) вышла из печати и разослана подписчикам. Вторая книга печатается. Остальные будут выходить по одной книге в каждые три месяца. Издание всех восьми книг предполагается закончить в начале 1927 года.

ПОДПИСНАЯ ЦЕНА ИЗДАНИЯ

В ПРОЧНЫХ ПЕРЕПЛЕТАХ

БЕЗ ПЕРЕСЫЛКИ (Москва, Ленинград) — 30 р.

С ПЕРЕСЫЛКОЙ (иногородним подписчикам) — 32 р. 50 к.

При подписке взимается задаток 4 р. Иногородним подписчикам книги высылаются почтой по мере выхода из печати наложенным платежом на среднюю подписную цену полутома. Задаток засчитывается при высылке последней книги.

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ

Отделом Подписки Периодсектора (Москва, Воздвиженка, 10/2), всеми магазинами, киосками, отделениями, конторами и уполномоченными Госиздата, снабженными соответствующими удостоверениями.

1 р. 50 к.
Р